

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Modelado de generación fotovoltaica rentable con el  
software HOMER para suministros residenciales de  
tarifa BT5B en el distrito San Sebastián provincia de  
Cusco-2022**

Edgar Arque Huarca  
Edu Ballesteros Vargas

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Cusco, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Joel Contreras Núñez  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 12 de agosto de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**  
MODELADO DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA RENTABLE CON EL SOFTWARE HOMER PARA SUMINISTROS RESIDENCIALES DE TARIFA BT5B EN EL DISTRITO SAN SEBASTIÁN PROVINCIA DE CUSCO – 2022

**Autor:**  
Edgar Arque Huarca – EAP. Ingeniería Eléctrica  
Edu Ballesteros Vargas – EAP. Ingeniería Eléctrica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores  
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 20 SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



\_\_\_\_\_  
Ing. Joel Contreras Núñez  
Asesor de trabajo de investigación

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a Dios,  
por todos los momentos de la vida, por darnos la fortaleza para seguir adelante  
y afrontar las dificultades y los retos que se nos presentan, por no dejar que  
claudiquemos en la búsqueda de nuestros objetivos y por siempre guiarnos y  
encaminarnos en cada momento de nuestras vidas.

A nuestros padres,  
por habernos dado la vida y formado e inculcado cada uno los principios éticos,  
así como las lecciones de vida.

A nuestras familias, esposas e hijos,  
por ser los motores de nuestras vidas al depositar su confianza y tener la  
paciencia durante esta etapa, por la comprensión y por siempre motivarnos a concluir  
nuestros estudios y permitirnos alcanzar nuestros objetivos de ser profesionales.

A todos y cada uno de los integrantes de nuestra querida Universidad  
Continental,  
por brindarnos todas las facilidades y poner a nuestro alcance a todos los  
profesionales que son parte de ella. Esto ha permitido ampliar nuestros conocimientos y  
alcanzar nuestros objetivos profesionales.

Una mención especial al Dr. Joel Contreras Núñez,  
por ser nuestro mentor y contribuir activamente con el desarrollo de nuestro  
trabajo de investigación.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación, a Violeta, mi compañera de vida.

A mis hijos, Shirel y Jahdiel, por ser mi soporte, por su comprensión permanente e incondicional, por darme el aliento continuo, mediante el cual me permitieron alcanzar mis objetivos profesionales y como persona.

A quienes me dieron la vida: mis padres Félix y Nicolasa, por darme apoyo moral y lecciones de vida.

A mis hermanos, quienes siempre me dieron su apoyo y sus recomendaciones.

**Edgar Arque Huarca**

A mis padres, con mucho cariño.

A mi familia: mi esposa, por ser mi soporte permanente, y mis hijos, por la gran inspiración.

A todos ellos, por su gran apoyo moral y emotivo que supieron brindarme con amor, el cual me permitió alcanzar una nueva meta en mi vida profesional.

Como olvidar a las personas que físicamente ya no están conmigo, a quienes debo mi vida: mis padres, que estoy seguro, desde donde estén, también se sienten satisfechos con este nuevo logro en mi vida.

**Edu Ballesteros Vargas**

## ÍNDICE

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| INTRODUCCIÓN .....                                  | XIV |
| CAPÍTULO I.....                                     | 1   |
| PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....                     | 1   |
| 1.1 Planteamiento y formulación del problema.....   | 1   |
| 1.1.1 Planteamiento del problema.....               | 1   |
| 1.1.2 Formulación del problema .....                | 2   |
| 1.2 Objetivos .....                                 | 2   |
| 1.2.1 Objetivo general.....                         | 2   |
| 1.2.2 Objetivo específico .....                     | 2   |
| 1.3 Justificación e importancia.....                | 3   |
| 1.3.1 Justificación económica.....                  | 3   |
| 1.3.2 Justificación tecnológica.....                | 3   |
| 1.3.3 Justificación ambiental.....                  | 4   |
| 1.3.4 Importancia de la investigación .....         | 4   |
| 1.4 Hipótesis y definición de variables.....        | 4   |
| 1.4.1 Hipótesis general.....                        | 4   |
| 1.4.2 Variables .....                               | 4   |
| 1.4.3 Operacionalización de variables .....         | 5   |
| CAPÍTULO II .....                                   | 6   |
| MARCO TEÓRICO.....                                  | 6   |
| 2.1 Antecedentes de la investigación.....           | 6   |
| 2.1.1 Antecedente internacional.....                | 6   |
| 2.1.2 Antecedente nacional .....                    | 7   |
| 2.1.3 Antecedente local.....                        | 8   |
| 2.2 Bases teóricas .....                            | 9   |
| 2.2.1 Sistema de generación fotovoltaica.....       | 9   |
| 2.2.2 Definición.....                               | 10  |
| 2.2.3 Elementos.....                                | 11  |
| 2.2.4 Principios de funcionamiento.....             | 18  |
| 2.2.5 Herramienta de diseño y simulación HOMER..... | 25  |
| 2.2.6 Rentabilidad .....                            | 26  |
| 2.3 Definición de términos básicos .....            | 26  |
| CAPÍTULO III.....                                   | 28  |
| METODOLOGÍA .....                                   | 28  |
| 3.1 Método y alcances de la investigación .....     | 28  |

|                                 |                                                                                   |    |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.1                           | Método de investigación .....                                                     | 28 |
| 3.1.2                           | Tipo de investigación .....                                                       | 28 |
| 3.1.3                           | Nivel de investigación.....                                                       | 28 |
| 3.2                             | Diseño de la investigación.....                                                   | 28 |
| 3.3                             | Población y muestra .....                                                         | 28 |
| 3.3.1                           | Población.....                                                                    | 28 |
| 3.3.2                           | Muestra.....                                                                      | 29 |
| 3.4                             | Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....                             | 29 |
| 3.4.1                           | Técnicas de recolección de datos .....                                            | 29 |
| 3.4.2                           | Instrumentos de recolección de datos .....                                        | 29 |
| CAPÍTULO IV.....                |                                                                                   | 30 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....     |                                                                                   | 30 |
| 4.1                             | Generación fotovoltaica para suministros residenciales de tarifa BT5B.....        | 30 |
| 4.1.2                           | Coordenadas geográficas .....                                                     | 30 |
| 4.1.3                           | Radiación solar del distrito de San Sebastián.....                                | 31 |
| 4.1.4                           | Características técnicas de la generación fotovoltaica .....                      | 31 |
| 4.2                             | Rangos de consumo mensual de energía eléctrica .....                              | 38 |
| 4.2.1                           | Características de los suministros según rango .....                              | 39 |
| 4.3                             | Características técnicas del sistema de generación eléctrica no convencional..... | 52 |
| 4.3.1                           | Suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.....                      | 52 |
| 4.3.2                           | Suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.....                     | 56 |
| 4.3.3                           | Suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.....                    | 60 |
| 4.3.4                           | Suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.....                    | 65 |
| 4.4                             | Características económicas.....                                                   | 69 |
| 4.4.1                           | Suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.....                      | 69 |
| 4.4.2                           | Suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.....                     | 70 |
| 4.4.3                           | Suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.....                    | 71 |
| 4.4.4                           | Suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.....                    | 72 |
| 4.5                             | Prueba de hipótesis.....                                                          | 73 |
| 4.5.1                           | Suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.....                      | 73 |
| 4.5.2                           | Suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.....                     | 75 |
| 4.5.3                           | Suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.....                    | 77 |
| 4.5.4                           | Suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.....                    | 79 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....   |                                                                                   | 81 |
| CONCLUSIONES .....              |                                                                                   | 84 |
| RECOMENDACIONES.....            |                                                                                   | 86 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... |                                                                                   | 87 |

ANEXOS .....91



## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Características del Sol.....                                                                | 18 |
| Tabla 2: Rangos de Consumo mensual de energía eléctrica .....                                        | 38 |
| Tabla 3: Consumo de energía entre 31 kW-h y -50 kW-h .....                                           | 40 |
| Tabla 4: Perfil de carga entre 31 kW-h y 50 kW-h .....                                               | 41 |
| Tabla 5 : Consumo de energía entre 51 kW-h y 100kW-h.....                                            | 43 |
| Tabla 6: Perfil de carga entre 51 kW-h y 100 kW-h .....                                              | 44 |
| Tabla 7: Consumo de energía entre 101 kW-h y 150 kW-h.....                                           | 47 |
| Tabla 8: Perfil de carga entre 101 kW-h y 150 kW-h .....                                             | 48 |
| Tabla 9: Consumo de energía 151 kW-h y 200 kW-h.....                                                 | 50 |
| Tabla 10: Perfil de carga entre 151 kW-h y 200kW-h .....                                             | 51 |
| Tabla 11: Energía generada y adquirida de la red entre 31 kW-h y 50kW-h.....                         | 56 |
| Tabla 12: Energía generada y adquirida de la red entre 51 kW-h y 100 kW-h.....                       | 60 |
| Tabla 13: Energía generada y adquirida de la red entre 101 kW-h y 150 kW-h.....                      | 64 |
| Tabla 14: Energía generada y adquirida de la red entre 151 kW-h y 200 kW-h.....                      | 68 |
| Tabla 15: Análisis económico de consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.....                         | 69 |
| Tabla 16: Análisis económico de consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.....                        | 70 |
| Tabla 17: Análisis económico de consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.....                       | 71 |
| Tabla 18: Análisis económico de consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.....                       | 72 |
| Tabla 19: Análisis de rentabilidad en suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.....   | 73 |
| Tabla 20: Análisis de rentabilidad en suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.....  | 75 |
| Tabla 21: Análisis de rentabilidad en suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h..... | 77 |
| Tabla 22: Análisis de rentabilidad en suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h..... | 79 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Sistema de generación fotovoltaica .....                                       | 10 |
| Figura 2: Partes de un panel solar fotovoltaico .....                                    | 11 |
| Figura 3: Comportamiento de la célula fotovoltaica .....                                 | 13 |
| Figura 4: Efecto de la intensidad luminosa curva de radiación.....                       | 14 |
| Figura 5: Inversor fotovoltaico conectado a la red.....                                  | 16 |
| Figura 6: Superficie del sol. ....                                                       | 19 |
| Figura 7: Recorrido de la Tierra alrededor del Sol.....                                  | 21 |
| Figura 8: Mapa de radiación solar anual de Cusco .....                                   | 23 |
| Figura 9: Mapa de radiación solar anual en Perú .....                                    | 23 |
| Figura 10: Dimensionado de una instalación solar fotovoltaica .....                      | 24 |
| Figura 11: Ubicación geográfica.....                                                     | 30 |
| Figura 12: Panel solar.....                                                              | 32 |
| Figura 13: RED Growatt MIC 3000TL-X.....                                                 | 33 |
| Figura 14: Monitorización Growatt Shine Wifi-X.....                                      | 34 |
| Figura 15: 1 x Smart Meter CT Monofásico Growatt .....                                   | 35 |
| Figura 16: Conexión panel solar terminal MC4 x pares .....                               | 36 |
| Figura 17: Estructura regulable 10° a 15° Aluminio T6000 AISI 304 / SET x 4 paneles..... | 37 |
| Figura 18: PV Combiner Box 1 en 1 hasta 550VDC .....                                     | 37 |
| Figura 19: Sistema solar fotovoltaico conectado a la red.....                            | 38 |
| Figura 20: Potencia instantánea 31-50 kW-h .....                                         | 42 |
| Figura 21: Potencia instantánea de 51-100 kW-h .....                                     | 45 |
| Figura 22: Potencia instantánea de 101-150 kW-h .....                                    | 48 |
| Figura 23: Potencia instantánea de 151-200 kW-h .....                                    | 52 |
| Figura 24: Radiación mínima entre 31-50 kW-h.....                                        | 54 |
| Figura 25: Radiación mínima entre 51-100 kW-h.....                                       | 58 |
| Figura 26: Radiación mínima entre 101-150 kW-h.....                                      | 62 |
| Figura 27: Radiación mínima entre 151-200 kW-h.....                                      | 66 |
| Figura 28: Comparación económica 31-50 kW-h .....                                        | 74 |
| Figura 29: Comparación económica 51 - 100 kW-h .....                                     | 76 |
| Figura 30: Comparación económica 101- 150 kW-h .....                                     | 78 |
| Figura 31: Comparación económica 151-200 kW-h .....                                      | 80 |

## LISTA DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

|                                   |   |                                                    |
|-----------------------------------|---|----------------------------------------------------|
| BT5B                              | : | Baja Tensión de clasificación 5B residencial       |
| VAN                               | : | Valor Neto Actual                                  |
| TIR                               | : | Tasa Interna de Rentabilidad                       |
| CO <sub>2</sub>                   | : | Dióxido de Carbono                                 |
| LED                               | : | Diodo Emisor de Luz                                |
| kWh                               | : | Kilo Watt Hora                                     |
| ARCONEL                           | : | Agencia de Regulación y Control de la Electricidad |
| On Grid                           | : | Conectado a la Red                                 |
| ELSE                              | : | Electro Sur Este                                   |
| STC                               | : | Condición Estándar                                 |
| I <sub>cc</sub> o I <sub>sc</sub> | : | Corriente de Cortocircuito                         |
| V <sub>ac</sub> o V <sub>oc</sub> | : | Tensión en Circuito abierto                        |
| P <sub>max</sub>                  | : | Potencia Pico                                      |
| W                                 | : | Vatios                                             |
| I <sub>mp</sub>                   | : | Corriente de punto de máxima Potencia              |
| V <sub>mp</sub>                   | : | Tensión de punto de máxima Potencia                |
| W <sub>r</sub>                    | : | Potencia de Radiación                              |
| TONC                              | : | Temperatura de Funcionamiento Nominal de la Célula |
| CC                                | : | Corriente Continua                                 |
| CA                                | : | Corriente Alterna                                  |
| V <sub>cc</sub>                   | : | Tensión de Corriente Continua                      |
| AH                                | : | Angulo Horario                                     |
| HOMER                             | : | Modelo Híbrido de Optimización Multienergía        |
| P <sub>cc</sub>                   | : | Potencia de Consumo diario Corregido               |
| HSP                               | : | Hora Solar Pico                                    |

## RESUMEN

La investigación actual denominada “*Modelado de Generación Fotovoltaica Rentable con el Software Homer para Suministros Residenciales de Tarifa BT5B en el distrito San Sebastián Provincia de Cusco – 2022*”, tiene por objetivo modelar y diseñar un sistema de autogeneración de energía técnicamente sólido y financieramente viable, que, paralelamente, se encontrara interconectado con la energía comercial para conseguir eficiencias económicas en los consumos mensuales y una amortización relativamente rápida, esto con su implementación en cada uno de los hogares con suministros de tarifa BT5B. La disponibilidad del recurso solar en la ciudad del Cusco fue tomada como referencia con datos atmosféricos obtenidos de la NASA y mediante el software HOMER para realizar los dimensionamientos y establecer los rangos de consumo a satisfacer con cada uno de los suministros segmentados. Seguidamente, para determinar la viabilidad de la propuesta investigada, se analizó una situación de carga de suministro de la muestra y el presupuesto económico de todos los recursos para conectar el sistema fotovoltaico conectado en paralelo a la red eléctrica, por lo que se discrimina el valor actual (VAN), la rentabilidad (TIR) y la recuperación de la inversión utilizando el software HOMER. El resultado obtenido fue una cantidad de radiación de 3,64 kWh/m<sup>2</sup>/día al año, estableciendo, así, la viabilidad técnica y financiera del proyecto de células solares en función de la zona de consumo.

**Palabras clave:** panel solar, sistema solar fotovoltaico, optimización técnica económica.

## ABSTRACT

The current research called “Modeling of Profitable Photovoltaic Generation with Homer Software for Residential Supplies of Tarifa BT5B in the San Sebastián district, Province of Cusco – 2022”, whose objective is to model and design a technically sound and financially viable energy self-generation system, In parallel, this will be interconnected with commercial energy to achieve economic efficiencies in monthly consumption and relatively rapid amortization, this with its implementation in each of the homes with BT5B rate supplies. The availability of the solar resource in the city of Cusco was taken as a reference with atmospheric data obtained from NASA and through the HOMER software to carry out the sizing and establish the consumption ranges to be satisfied with each of the segmented supplies. Next, to determine the feasibility of the investigated proposal, a sample supply load situation and the economic budget of all the resources to connect the photovoltaic system connected in parallel to the electrical grid were analyzed, so the value was discriminated. current (NPV), profitability (IRR) and investment recovery using the HOMER software. The result obtained was a radiation amount of 3.64 kWh/m<sup>2</sup>/day per year, thus establishing the technical and financial viability of the solar cell project depending on the consumption area.

**Keywords:** solar panel, solar photovoltaic system, economic technical optimization.

## INTRODUCCIÓN

La investigación tiene por finalidad plantear alternativas viables para reducir costos en la utilización de energía eléctrica, mediante la aplicación de soluciones alternas, las cuales han sido dimensionadas de acuerdo con los rangos de consumo eléctrico para viviendas residenciales, en los cuales se evidencia la necesidad de implementar las soluciones planteadas para cada uno de los rangos estudiados. El planteamiento cuenta con los siguientes capítulos:

El primer capítulo aborda la urgente necesidad de alternativas viables a la autogeneración eléctrica, así como la progresiva necesidad de energía en el mundo y el daño que causa al ecosistema el acelerado consumo diario de combustibles fósiles y minerales. Por ello, se tomó como objetivo general el de: *“Modelar los sistemas de generación fotovoltaica rentable mediante el software HOMER para suministros residenciales de tarifa BT5B con consumo mensual entre 31 kW-h y 200 kW-h en el distrito de San Sebastián, provincia de Cusco, 2022”*, con paneles fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica pública, adecuando un sistema de control y operación que permitirá gestionar eficientemente los sistemas a implementar. También mencionamos una justificación teórica, que se basa en la preocupación por la sostenibilidad del planteamiento y en factores socioambientales, referida al hecho de que nuestro planeta se ve afectado significativamente por la liberación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera como resultado del agotamiento de los recursos fósiles.

Finalmente, de acuerdo con la situación actual, la energía obtenida a través de la luz solar es la que brinda la mayor oportunidad para el sistema On Grid de este proyecto, debido a que es una fuente de energía natural y limpia, la cual está disponible para el aprovechamiento, más aún en las zonas altoandinas en las que nos encontramos.

En el capítulo II, la investigación de este proyecto incluye los fundamentos teóricos y las bases técnicas del sistema On Grid de generación de energía, así como los tipos, la clasificación y el ciclo de vida de los sistemas On Grid de generación de energías existentes. También explica el sistema de red pública tradicional operado por concesionarios y las centrales solares y sus componentes, así como los equipos que los componen y las definiciones de términos clave.

El estudio del proyecto analiza el contexto histórico del problema, incluidos los tipos, las clasificaciones y los ciclos de vida de los actuales sistemas On Grid, así como los fundamentos teóricos y tecnológicos que sustentan los sistemas de generación de energía On Grid. También presentamos detalles sobre el sistema de red pública convencional, incluido el hecho de si está gestionado por el concesionario, y el sistema

de energía solar con todos sus componentes, junto con definiciones de terminología y dispositivos básicos.

En el capítulo III, se desarrolla la metodología aplicada en el trabajo de investigación. Se empleó el método inductivo, porque, a partir de premisas particulares, se generalizaron las conclusiones (1); los resultados obtenidos, se evidencian los consumos realizados en cualquier suministro con tarifa BT5B ubicado en el distrito de San Sebastián de la provincia de Cusco, en el 2022.

En el capítulo IV, se detalla, sobre la base del análisis, los resultados y los diseños de solución a elegir para cada uno de los rangos establecidos, según el consumo de cada vivienda. Concluyendo, según el estudio, la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos planteados como fuentes generación de energía eléctrica y sus cálculos respectivos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1 *Planteamiento del problema.*

El problema de mayor impacto en la actualidad, son los altos costos sociales y medioambientales originados por el calentamiento global, el agotamiento de recursos hídricos en la región hacen de que la principal forma de generación eléctrica se vean cada vez más restrictivos en la generación de energía eléctrica el cual afecta económicamente al consumidor final, del mismo modo el avance tecnológico y el incremento de dispositivos electrónicos de uso común en nuestra sociedad, ha hecho que la disponibilidad de la energía eléctrica sea cada vez más dependiente, ya que la post-pandemia del Covid-19 ha hecho de que las personas desarrollemos más actividades de carácter ofimático conectados a las redes y el trabajo remoto han incrementado el uso de dispositivos dependientes de la energía eléctrica, así mismo, la necesidad de electricidad en los últimos años han mostrado grandes consumos, esto a raíz del crecimiento en la industria del proceso de producción, el crecimiento de la población, lo cual contribuye al incremento del consumo de energía eléctrica, por esta razón, que diversas instituciones gubernamentales, no gubernamentales, organizaciones y colectivos preocupados en el tema, tienen el interés de encontrar alternativas de autogeneración eléctrica y su uso responsable, con el cual se puedan solucionar de manera significativa los altos consumos y poder reducir sus costos asociados al consumo eléctrico. Existen diversas formas de optimizar el uso eficiente de la energía (apagado de las lámparas no utilizadas, cambio al sistema de iluminación a LED o la automatización en los espacios comunes), es así que a través del tiempo se ha demostrado que esto reduce ostensiblemente el consumo de energía.

El estudio se centra en el modelamiento de sistemas de autogeneración eléctrica en las viviendas las cuales puedan ser implementadas de forma paralela a la red eléctrica convencional con el cual se optimizaran los costos por consumos eléctricos, para lo cual se analizó un grupo de usuarios de un sector en el distrito de San Sebastián parametrizados como usuarios de categoría BT5B, para los cuales se modelan sistemas fotovoltaicos rentables de acuerdo a cada necesidad, mediante la utilización del software Homer, los cuales estarán interconectados a la red eléctrica, en el estudio se abordó y determino los modelos de implementación según su rango de consumo mensual, el cual conseguirá una reducción económica por consumo de energía eléctrica de hasta el 70% mensual. La implementación de los modelos estudiados nos permite generar un aporte al medio



ambiente evitando seguir incrementando la huella de carbono que actualmente está degradando la capa de ozono, es así que la auto electrificación de los hogares nos permite liberar de carga a las empresas concesionaria, que bien lo podría redistribuir en clientes mayores sin necesidad de incrementar las potencias de generación eléctrica.

### **1.1.2 Formulación del problema.**

#### **1.1.2.1 Problema general.**

¿Cuáles son las características de un sistema de generación eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022?

#### **1.1.2.2 Problemas específicos.**

- ¿Cuáles son los rangos de consumo mensual de energía eléctrica para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022?
- ¿Cuáles son las características técnicas de un sistema de generación eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022?
- ¿Cuáles son las características económicas de un sistema de generación eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general.**

Modelar un sistema de generación eléctrica no convencional rentable mediante el software Homer para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022.

### **1.2.2 Objetivo específico.**

- Determinar los rangos de consumo mensual de energía eléctrica para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022.
- Determinar las características técnicas de un sistema de generación eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022.
- Determinar las características económicas de un sistema de generación eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022.

## **1.3 Justificación e importancia**

### **1.3.1 Justificación económica.**

Los resultados del presente estudio permitieron diseñar sistemas de generación rentables de acuerdo a cada categoría de consumo por usuario, proponiendo modelados particulares según cada necesidad, con esta discriminación por rangos de consumos se proponen los modelados adecuados a cada uno de ellos, para así implementar el equipamiento económicamente ajustado.

La energía autogenerada a partir de fuentes renovables debe utilizarse en primer lugar, ya que tendrá un gran efecto en la facturación mensual de cada suministro, con este arreglo se optimiza y se reducen los costos en los servicios residenciales de tarifa BT5B en el distrito de san Sebastián provincia de Cusco.

A partir de los modelos planteados identificamos las oportunidades de ahorro y amortización de la inversión inicial, en el caso de los suministros con consumos entre 31kWh y 50kWh, se alcanza un ahorro promedio del 39% del consumo mensual con el cual se amortizará la inversión en 18 periodos de facturación, en suministros con consumos entre 51kWh y 100kWh, se alcanza un ahorro promedio del 37% del consumo mensual con el cual se amortizará la inversión en 13 periodos de facturación, para los suministros con consumos entre 101kWh y 150kWh, se alcanza un ahorro promedio del 71% del consumo mensual con el cual se amortizará la inversión en 5 periodos de facturación y para suministros con consumos entre 151kWh y 200kWh, se alcanza un ahorro promedio del 58% del consumo mensual con el cual se amortizará la inversión en 5 periodos de facturación.

### **1.3.2 Justificación tecnológica.**

Los resultados de la investigación permitieron diseñar sistemas de generación rentables de acuerdo a cada categoría de consumo por usuario, proponiendo para el modelado la captación de la energía solar como alternativa atractiva por la alta disponibilidad en la zona, esto nos posibilitó hacer uso de la red eléctrica por conveniencia ya que por la potencia necesaria de los equipos utilizados, se discrimina el consumo de acuerdo a la potencia instalada, así mismo el paralelismo de las redes nos permite utilizar la energía necesaria según se requiere, con la prioridad de la energía autogenerada, con este arreglo se optimiza y se reducen los costos en los servicios residenciales de tarifa BT5B en el distrito de san Sebastián provincia de Cusco; los equipos utilizados están preparados para entregar energía a la red eléctrica comercial en el momento que se ratifique el reglamento de la ley de generación distribuida lo que conllevará a un incremento de la rentabilidad.

### **1.3.3 Justificación ambiental.**

El modelado de un sistema de generación fotovoltaica permitirá dotar de energía eléctrica renovable y limpia que será producida por la radiación solar el cual es infinita y gratuita, por consiguiente, no produce contaminación ambiental, muy por el contrario, con esta buena práctica aportamos al no consumo de recursos hídricos y fósiles, lo cual es un aporte a la conservación del medio ambiente.

Nuestro país como miembro de la organización de las naciones unidas ha suscrito compromisos medioambientales dentro de los que destaca el ODS 7 Energía asequible y no contaminante, el cual indica que para el año 2040 el 20% de la generación eléctrica debe realizar a partir de fuentes renovables no tradicionales.

### **1.3.4 Importancia de la investigación.**

La importancia de esta permite diseñar modelos de generación fotovoltaica de acuerdo con el consumo del suministro clasificado según el pliego tarifario, a la vez que puede constituir un modelo de dimensionamiento de sistemas On Grid personalizados; asimismo es importante porque permitirá a los usuarios obtener ahorros económicos significativos por el consumo de energía eléctrica, lo cual se verá reflejado de inmediato en la facturación mensual. Finalmente es importante porque esta tecnología forma parte del objetivo de desarrollo sostenible respecto al objetivo 7 “energía asequible y no contaminante” así como del objetivo 11 “ciudades y comunidades sostenibles” que el estado peruano está obligado a cumplir. (2)

## **1.4 Hipótesis y definición de variables**

### **1.4.1 Hipótesis general.**

El modelado con el software Homer permite determinar las características de un sistema de generación fotovoltaico rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022.

### **1.4.2 Variables.**

#### **1.4.2.1 Variable independiente.**

Sistema de generación fotovoltaica.

#### **1.4.2.2 Variable dependiente.**

Rentabilidad

### 1.4.3 Operacionalización de variables.

| Variable                                                                | Definición Conceptual                                                                                                                                                                                                                    | Dimensiones                   | Indicador                                                                                                | Instrumentos                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variable Independiente<br><br><b>Sistema de generación fotovoltaica</b> | La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida mediante un dispositivo semiconductor directamente a partir de la energía solar.                                           | Aspectos técnicos             | Irradiación solar<br>Potencia instalada<br>Número de paneles<br>Características del inversor             | Cuestionario<br>Guía de entrevista<br>Ficha de observación<br>(identificación de suministros para adquirir los datos de consumo) |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                          | Características económicas    | Consumo de energía eléctrica.<br>Costo unitario por kW-h<br>Facturación por consumo de energía eléctrica |                                                                                                                                  |
| Variable Dependiente:<br><br><b>Rentabilidad</b>                        | La rentabilidad consiste en ofrecer soluciones que tengan costos que equilibren los beneficios económicos que generan. Adoptar medidas con un coste de inversión muy elevado, a pesar de su eficiencia energética no generan beneficios. | Inversión Inicial             | Costo de implementación del sistema Fotovoltaico (S/.)                                                   | Ficha de Registro<br>Software Homer                                                                                              |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                          | Ingresos Por Generación       | Valor de la Energía Generada (S/.)                                                                       |                                                                                                                                  |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                          | Egresos por Energía Adquirida | Valor de la Energía Adquirida (S/.)                                                                      |                                                                                                                                  |

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1 Antecedente internacional.**

Según Macancela (3) en el título de su tesis de ingeniero eléctrico “Dimensionamiento Optimo para pequeños sistemas Híbridos Aislados Aplicado en la Islas Galápagos” en la “Universidad Politécnica Salesiana” en Guayaquil (2018) , teniendo como objetivo simular pequeños dispositivos (paneles fotovoltaicos y aerogeneradores) a través de sistemas híbridos configurados utilizando el modelado HOMER, el marco metodológico se adaptó a un tipo de diseño general no experimental, los resultados fueron obtenidas utilizando datos proporcionados por ARCONEL, que la agencia de regulación y control de la electricidad, dicha plataforma concierne a la información real y facilita el análisis y la investigación efectiva. Concluyéndose que el trabajo de simulación permite el desarrollo de métodos de diseño de sistemas híbridos de paneles solares conectados a la red y turbinas de almacenamiento de energía eólica, proporcionando directrices que permiten el desarrollo de un sistema que puede servir a una industria en las Islas Galápagos, proporcionando un sistema de abastecimiento energético autónomo que obtiene más del 90% de su energía de la energía solar.

Según Jiménez S. (4) en el título de su tesis de grado “Evaluación Económica de un sistema fotovoltaico con baterías bajo diferentes escenarios y modelos tarifarios” en la “Universidad de Los Andes” en Bogotá (2019) teniendo como objetivo Analizar el comportamiento y el rendimiento en diversas situaciones que alteran el modelo de tarifa, el panel y la capacidad de la batería, el marco metodológico utilizado es aplicado de diseño no experimental, así como la descripción de las herramientas y procesos a utilizar. Para lograr el análisis necesario, concluyéndose que al observar los tres modelos tarifarios y compararlos, es claro que puede ser práctico aplicar estos modelos a los usuarios con celdas solares y baterías, ya que esto significa un ahorro económicamente significativo para los usuarios.

Según García V. (5) en el título de su tesis de master “Revisión de herramientas de ayuda al cálculo de viabilidad, diseño y simulación de sistemas fotovoltaicos” en la “Universidad de Jaén” en Jaén España (2021) teniendo como objetivo proporcionar herramientas que ayuden a diseñar y evaluar sistemas fotovoltaicos solares y actualizar las herramientas existentes de cálculo, dimensionamiento y simulación de sistemas fotovoltaicos. El software utilizado incluye SOLSTOR, HybSim, Hysim, HOMER, Hybrid2, UW-Hybrid (TRNSYS), PVTtoolbox, IPSYS y otros programas de simulación,

dicha metodología se aplica en un diseño no experimental. Concluyéndose que los programas o herramientas más completos que se utilizaban en aquel momento eran las contribuciones y los resultados de PVSyst y Homer.

Según Estévez Acuña y Ortiz Villarreal (6) en su estudio titulado “Identificación De Los Factores Críticos Para La Implementación De Sistemas Solares Fotovoltaicos En Colombia” de la “Universidad Libre de Colombia”, en Colombia (2018) teniendo como problemática las principales cuestiones medioambientales, como el calentamiento global y las emisiones de gases de efecto invernadero así como el suministro de energía sostenible en las zonas rurales, pudiendo así determinar y llegar a la conclusión de que una célula solar puede funcionar y producir un valor mínimo de voltaje, por ejemplo: una tensión 12v, y una potencia de 60Wh, a 15 °C. de temperatura, lo que permite su aplicación en sistemas de bajas, medianas y grandes escalas.

### **2.1.2 Antecedente nacional.**

Según De la Cruz (7) en el título de su tesis de ingeniería electromecánica “Diseño de un sistema eléctrico aislado utilizando el software HOMER para electrificar el caserío Santa Rosa de Tumar en el distrito de Huambos, provincia de Chota – Cajamarca” en la “Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo” en la ciudad de Cajamarca (2020), teniendo como objetivo, electrificar la comunidad de Santa Rosa de Tumar en el distrito de Huambos, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, crear un sistema eléctrico aislado utilizando el software HOMER, utilizando un marco metodológico de tipo aplicado de diseño no experimental, cuya muestra consta de 21 residencias, 1 centro comunal y 1 escuela primaria ubicados en el caserío Santa Rosa de Tumar, tras analizar las fuentes de energía solar y eólica disponibles y optimizar la simulación con el software HOMER Pro, se encontró que la velocidad media anual del viento era de 3,62 m/s, y la energía solar media anual era de 5.170 (kWh/m<sup>2</sup>/día) de radiación. Basándose en estos resultados, HOMER concluyó que un sistema aislado de energía eólica sería el más práctico, asequible y sencillo de instalar para electrificar la localidad de Santa Rosa de Tumar.

Según Huamán M. (8) en el título de su tesis de ingeniería electromecánica “Diseño de un sistema fotovoltaico On Grid de autoconsumo e inyección 0 conectado la red eléctrica del centro de salud Haquira, Apurímac 2020” en la ciudad de Lima(2020), con el objetivo de desarrollar e implementar un sistema de energía con paneles solares para abastecer al C.S. Haquira utilizando un marco metodológico de tipo aplicado de diseño no experimental, ya que toma como muestra el centro de salud de Haquira y concluye que el diseño de una planta de energía fotovoltaica conectada a la red con consumo propio e inyección 0 es factible y se puede lograr dicha conexión eléctrica para el Centro de Salud Apurímac Haquira; mediante el uso de 60 celdas, sincronizando 3 inversores de

red Fronius Symo de diferentes potencias y medidores inteligentes de la misma marca. El sistema proporciona una generación solar con una potencia continua de 51,84 kW. Los resultados obtenidos confirman la alta rentabilidad del uso de la tecnología solar en Haquira, en Apurímac, con un parámetro de 6,291 HSP (kWh/m<sup>2</sup>x día) que está cerca del límite más alto del área de radiación de la plataforma Solar Atlas.

Según Montoya C. (9) en el título de su tesis de ingeniero mecánico electricista “Dimensionamiento y Selección de un Sistema Fotovoltaico con el Software Homer como alternativa para generar Energía Eléctrica en el Caserío Nuevo Retiro en Cumba – Utcubamba Amazonas” en la ciudad de Lambayeque (2019), teniendo como objetivo utilizar el software HOMER para diseñar una planta de energía solar y así poder elegir una alternativa para la generación de electricidad en el pequeño pueblo de Nuevo Retiro en Cumba, Utcubamba, Amazonas, teniendo como método el deductivo, ya que se consideraron conocimientos e investigaciones que pueden usarse aplicándolos a un sitio específico, de esta manera determino que la energía necesaria para las 40 casas previstas y 01 local comunal en el pequeño pueblo de Nuevo Retiro fue de 16,424 kWh. La capacidad estimada de la instalación es 5,054 kW. El sistema solar igualmente fue dimensionado utilizando el software HOMER y el diseño resultante estuvo conformado por 16 paneles solares Jinko con una capacidad de 330 Wp, 24 baterías Hoppecke con una capacidad de 2 232 Ah, 01 inversor Victron Quattro 8 kvA, 02 regulador marca Blue solar 150 /60 Victron Energy.

### **2.1.3 Antecedente local.**

Según Quispe G. y Pocco E. (10) en el título de su tesis de ingeniero electricista “Estudio Del Sistema Fotovoltaico De Autoconsumo Con Conexión A La Red Eléctrica Y Uso Eficiente De Energía Del Instituto Blue Ribbon Internacional Cusco” en la Universidad Nacional De “San Antonio Abad del Cusco” en la Ciudad de Cusco (2021), teniendo como objetivo realizar un estudio sobre los sistemas solares fotovoltaicos de autoconsumo conectados a la red y el uso eficiente de la energía en el Instituto Blue Ribbon Internacional Cusco, el marco metodológico utilizado es descriptivo aplicativo de diseño no experimental por el cual utiliza al mismo instituto como muestra. Tras examinar la infraestructura eléctrica completa el análisis concluyó que el perfil de tensión aumentó de 0,93 a 0,98 pu. La aplicación eleva las pérdidas técnicas globales del alimentador DO-05 al 0,07%, aunque la capacidad portante del conductor sube al 72,6%; a la inversa, la capacidad portante del transformador que alimenta este circuito aumenta del 100,3% al 81,8% en comparación con su impacto. Simulado de fallas Monofásico y trifásico, la producción solar desaparece repentinamente, no hay radiación, sin embargo,

aunque ELSE no debe suministrar toda la energía, se constata que tiene un impacto favorable en la red de alimentación DO-05, lo que hace posible el estudio de la tesis.

Según Huamán R. (11) en el título de su tesis de ingeniero electrónico “Estudio Comparativo De Potencia Generada Por Paneles Fotovoltaicos Monocristalinos Y Policristalinos en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco” de la Universidad Nacional De “San Antonio Abad del Cusco” en la ciudad de Cusco (2018), teniendo como objetivo determinar, comparar y analizar los efectos de los celdas solares monocristalinos y policristalinos en instalaciones fijas en un entorno urbano bajo el impacto de la radiación solar, la temperatura y la humedad, los métodos utilizados se deben al tipo de Tecnología Aplicada y Descripción Analítica. Ya que se realizó utilizando recopilación de la información de energía solar disponible, para ello se montaron módulos solares y un sistema de adquisición de datos para así determinar la eficiencia de los dos paneles. Llegándose a la conclusión de que la eficiencia de los paneles monocristalinos es superior al 18,40%, mientras que la de los policristalinos es del 15,67%. Estos aumentos de eficiencia se deben a la composición interna del panel, que sólo convierte en electricidad el 18,4% y el 15,67% de la luz solar.

Según Pareja S. y Pareja C. (12) en el título de su tesis de ingeniero electricista “Estudio Técnico Económico de Generación Eléctrica Usando Paneles Fotovoltaicos En La Ciudad Universitaria De Perayoc De La Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco” en la Universidad Nacional de “San Antonio Abad del Cusco” en la ciudad de Cusco (2019), con el propósito clasificar el diseño del sistema de generación de energía eléctrica a través de celdas solares, en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, el tipo de investigación tiene un método de descripción cuantitativa y deductivo, ya que la información recopilada se realizó de forma documental Normas, antecedentes así como la documentación en medios escrito y magnéticos también la evolución de la demanda, concluyéndose que la amortización de la inversión se alcanza recuperando las inversiones al inicio del año 20 de ejecución del proyecto, y se puede observar la recuperación de las inversiones de flujos futuros.

## **2.2 Bases teóricas**

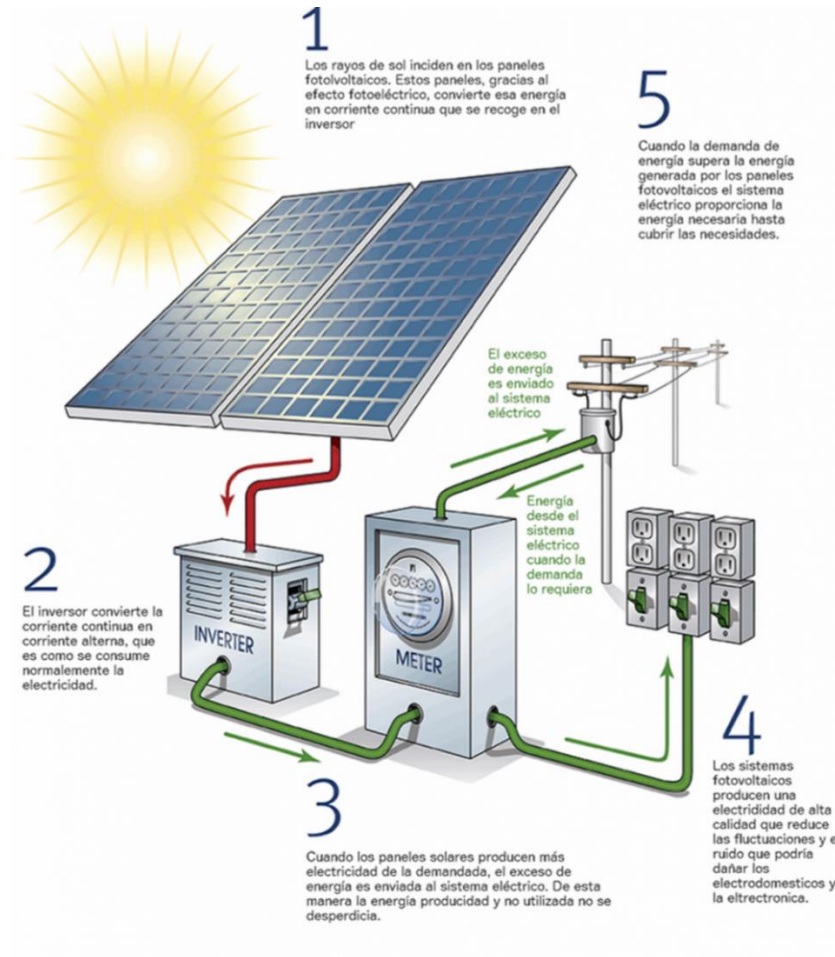
### **2.2.1 Sistema de generación fotovoltaica.**

Un conjunto de dispositivos denominado sistema de generación fotovoltaica convierte la energía solar en energía eléctrica, la cual después del proceso de transformación se utiliza convencionalmente; en este caso, esta energía es limpia, sustentable y rentable, es por esta razón este tipo de generación encabeza rápidamente la lista de la demanda mundial de energía, ya que el aprovechamiento de esta energía inagotable y gratuita, beneficia económicamente a la población objetivo con interés en



contribuir con el ahorro energético y por consiguiente ahorro en costes de facturación eléctrica. (13)

**Figura 1:** Sistema de generación fotovoltaica



Fuente: <https://www.helioesfera.com/diagrama-sistema-fotovoltaico/>

### 2.2.2 Definición.

Las energías renovables se refieren a fuentes de energía inagotables y de producción continua que no son nocivas para el medio ambiente, aunque su efecto es adverso para el medio ambiente, es mucho menor que el de las fuentes de energía convencionales, como el carbón, el gas natural y el petróleo los cuales si afectan. La energía solar es directa, es decir, energía no transformada para calefacción e iluminación que puede convertirse en electricidad mediante células solares y son parte de un panel solar. Esta energía puede utilizarse inmediatamente, guardarse para su uso posterior en baterías o incluso integrarse en un sistema de generación distribuida. Un sistema solar se compone de varias piezas mecánicas, eléctricas y electrónicas que trabajan juntas para absorber simultáneamente la radiación solar y transformarla en energía eléctrica

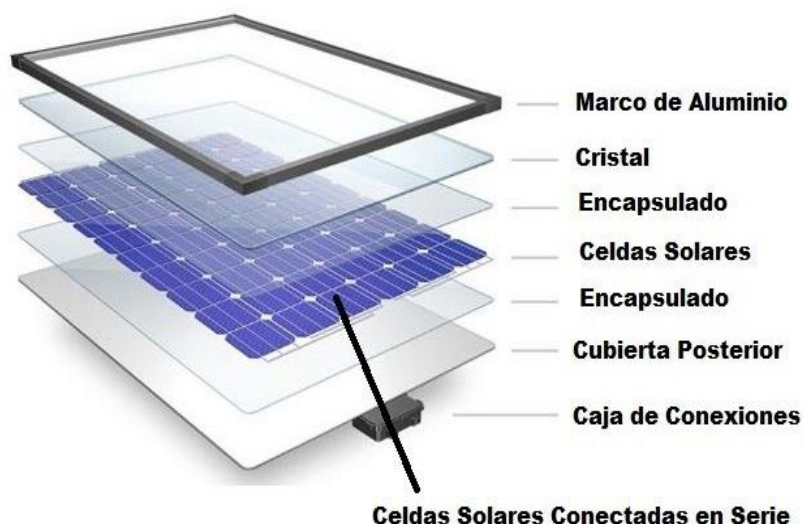
utilizable. Estos mecanismos, aparte de su finalidad, pueden clasificarse en aislados, conectados a la red e híbridos. En los paneles solares, una sola célula no puede proporcionar el voltaje real utilizado, sólo puede producir unas décimas de voltio, para obtener suficiente tensión y corriente, mediante configuraciones de conexión los cuales pueden ser en serie, paralelo o serie-paralelo, con lo cual se podrá obtener las tensiones requeridas según diseño, las cuales podrían ser de 6, 12 o 24 voltios, en gran parte de estudios se supone que es un grupo de paquetes de células interconectadas ensambladas y protegidas externamente, conocido como panel. Las partes de los sistemas de energía solar son los generadores, que se encargan de captar la radiación solar mediante los paneles fotovoltaicos y convertirla en corriente eléctrica, cuando la demanda de energía solar supera la producción del generador, la electricidad generada por el generador fotovoltaico puede almacenarse en baterías o acumuladores y utilizarse para crear más energía solar. El inversor convierte la corriente continua generada por el conjunto fotovoltaico en la corriente alterna necesaria para alimentar las cargas necesarias o descargar el exceso de energía a la red. También garantiza la correcta alimentación de la carga a la batería y la protege de las sobretensiones que podrían dañarla. (14)

### 2.2.3 Elementos.

#### 2.2.3.1 Panel fotovoltaico.

Un panel fotovoltaico está diseñado para captar la energía solar y convertirla en energía eléctrica. También denominada módulo solar.

**Figura 2:** Partes de un panel Solar Fotovoltaico



Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>

Las celdas solares pueden utilizarse y producir electricidad en implementaciones residenciales y comerciales. Un módulo solar está formado por un conjunto de celdas

solares conectadas entre sí. Los paneles solares se encargan de convertir la energía de la radiación solar directamente en electricidad en forma de corriente continua, procesando el resto de componentes del sistema solar cuando es necesario y convirtiéndolo en corriente alterna. Esta función la realizan conjuntamente con:

Los controladores de carga.

Los inversores de corriente.

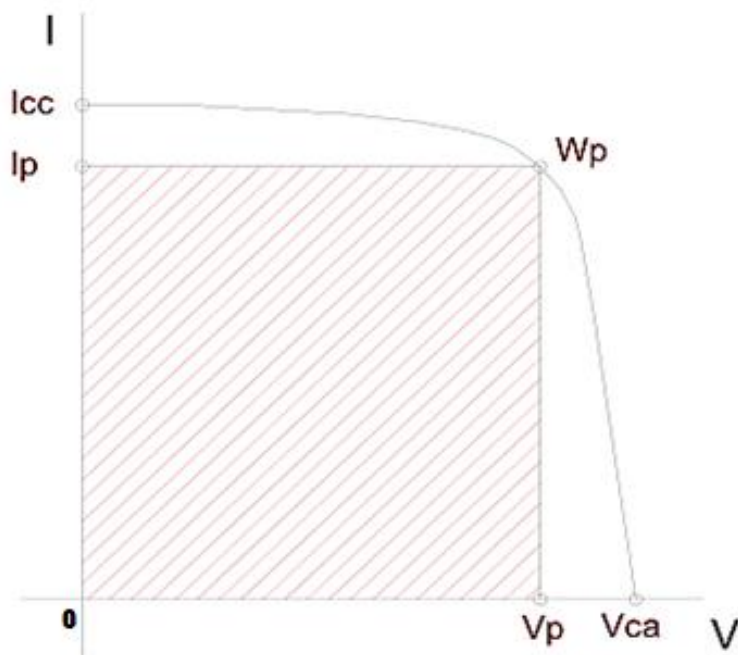
El equivalente de la calefacción solar es un colector solar. Los colectores solares son paneles solares que utilizan el calor del sol para producir calor según las leyes de la termodinámica. (13)

#### **a) Características eléctricas de los paneles solares**

Al consultar la ficha técnica de un panel solar se obtienen varios parámetros eléctricos que lo definen. Intentaremos interpretar estos datos técnicos para comprender mejor la ficha técnica del fabricante. Refiriéndonos a las características eléctricas de los paneles solares. El fabricante mide las propiedades típicas de los paneles en circunstancias estándar (STC): 1000W/m<sup>2</sup> de luz, 25° de temperatura para las células y distribución espectral de 1,5G.

Los paneles solares fotovoltaicos están formados por una serie de células que se conectan convenientemente para reunir las condiciones óptimas para su posterior uso en un sistema de generación de energía que convierte la luz solar en electricidad. Por ejemplo, un panel de 12 V consta de 36 células, uno de 24 V consta de 72 células y el denominado "conectado a red" consta de 60 células. La curva corriente-voltaje (I-V) que se muestra a continuación controla el funcionamiento de las células solares.: (15).

**Figura 3:** Comportamiento de la célula fotovoltaica



Fuente: <https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares>

- La hoja de datos enumera varios factores que muestran las propiedades eléctricas de los paneles solares.
- Corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$  o  $I_{sc}$ ): Es la corriente producida cuando la tensión es de 0 voltios, y puede medirse directamente en los bornes con un amperímetro. Su valor variará en función de las condiciones atmosféricas medidas.
- Tensión en circuito abierto ( $V_{ac}$  o  $V_{oc}$ ): Tensión máxima del panel que se puede medir solamente con un voltímetro en vacío y puede variar de acuerdo a las condiciones climáticas.
- Potencia de pico ( $P_{max}$ ), medida en vatios ( $W_p$ ): Potencia máxima suministrada por el panel o punto máximo de corriente y tensión alcanzada en condiciones de medición estándar.
- Corriente del punto de máxima potencia ( $I_{mp}$ ): Corriente producida cuando la corriente es máxima en condiciones de medición estándar.
- Tensión en el punto de máxima potencia ( $V_{mp}$ ): Tensión máxima de potencia alcanzada en condiciones de medición estándar.
- Eficiencia (%): La cantidad de potencia radiante del panel que puede convertirse en electricidad viene definida por este parámetro, que es la eficiencia de conversión ( $\eta$ ).
- Rendimiento o eficiencia =  $W_p/W_r$

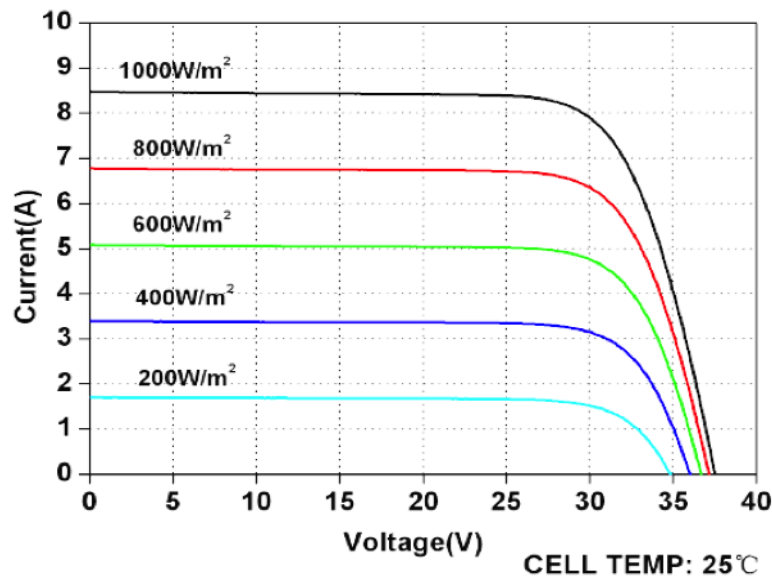
Donde  $W_r$  viene a ser la potencia de radiación incidente del panel solar.

- Tolerancia (%): No todos los paneles solares son iguales, con ligeras desviaciones en el proceso de fabricación. En general, el fabricante garantiza que la potencia del módulo  $P^*$  se encuentra en la banda de frecuencia: 63%, 65, 0 3%.
- Además, es mejor limitar la búsqueda a paneles con tolerancias positivas, para que el fabricante pueda garantizar al menos el efecto del panel especificado en la hoja de datos.
- TONC (°C), La temperatura nominal de funcionamiento de la célula se alcanzará al estar expuesta a 800 W/m<sup>2</sup> de radiación, 20°C de temperatura ambiente, 1 m/s de velocidad del viento y una distribución espectral AM. 1.5 (15).

### b) Efecto de la intensidad de iluminación (Irradiación)

La corriente del panel está directamente correlacionada con la superficie de la célula del panel y la intensidad de irradiación. Para ilustrar cómo varía la intensidad, examinemos un gráfico de varias irradiancias a temperatura constante. Cuanto mayor es la irradiancia incidente, mayor es la intensidad. (16)

**Figura 4:** Efecto de la intensidad luminosa curva de radiación



Fuente: <https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares>

### c) Tipos

Existen 3 tipos principales de paneles solares: los paneles solares que generan electricidad a partir del sol, de los que ya hemos hablado y estudiado aquí, y los paneles térmicos que calientan líquidos a partir del sol.

- **Paneles solares fotovoltaicos:** Son módulos integrados formados por células de conversión de la radiación que producen electricidad. (17)
- **Paneles solares térmicos:** La energía térmica se produce mediante paneles solares, a veces denominados colectores solares o paneles térmicos. Estos paneles solares calientan el agua de la casa aprovechando la radiación solar para crear energía térmica. (18)
- **Paneles solares termodinámicos:** Un panel solar termodinámico también conocido como colector solar completamente diferente a los paneles térmicos tradicionales; un panel solar termodinámico no necesita luz solar directa y además utiliza el calor del aire para generar energía. Se utilizan cada vez más en nuestros hogares porque son más eficientes y su principal ventaja es que pueden absorber energía de la radiación directa o indirecta. La idea fundamental de estos paneles es la ley de la termodinámica, que establece que mientras la temperatura exterior esté por encima del punto de congelación, pueden absorber cualquier tipo de energía de cualquier tipo de entorno. Están hechos de aluminio y tienen canales por los que circula el refrigerante, es decir, líquidos con un punto de ebullición bajo que pueden absorber mucha calor transformarse en gas líquido o sólido y pueda fluir a través de ellos. (19)

Respecto a las marcas, uno de los paneles solares más vendidos es SunPower. Pero las mejores marcas son las de empresas de confianza que creen que los paneles durarán más de 30 años, y hay que asegurarse de tener repuestos en caso de necesitarlos.

Además de vender kits solares para sus propias necesidades, otras marcas conocidas son Victron, SHARP, Solon, Schott, Conergy y Sovello. (20)

#### 2.2.3.2 Inversor.

Un dispositivo eléctrico llamado inversor de potencia que se utiliza una tensión de entrada de CC en una tensión de salida de CA. Esto significa que transforma la energía de la batería de 12 V o 24 V (CC) en 220 V (CA) que es la que necesitamos en nuestros hogares.

El abastecimiento de potencias pequeñas y las grandes implementaciones industriales son sólo dos de los muchos usos de los inversores de potencia. (21)

**Figura 5:** Inversor Fotovoltaico conectado a la red



Fuente: <https://www.panelsolarperu.com/inversores-de-interconexion/471-inversor-a-red-growatt-mic-3000tl-x-monofasico.html>

#### **a) Especificaciones, Características Operativas y Principio de Funcionamiento**

En cuanto a las características, en la fabricación del inversor se consideran dos niveles: El nivel de síntesis y la el nivel de filtrado.

Teniendo como principio básico el transformar la corriente continua que tiene como valor nominal de 12 o 24 voltios de corriente continua (12-24 Vcc) en una onda que tiene una frecuencia de sesenta hercios (60 Hz) y 220 voltios de corriente alterna.

El nivel de síntesis genera ondas pulsantes iniciando por la tensión de corriente alterna. El nivel de filtrado se encarga de separar los armónicos no deseados de la onda pulsante para obtener una señal lo más sinusoidal posible al final de esta etapa.

Los inversores se clasifican de nuevo en función de dos parámetros específicos:

#### **b) Clasificación**

##### **➤ Inversores de onda cuadrada**

Los dispositivos que cambian el sentido de la corriente deben funcionar con rapidez. Cuando la corriente pasa por el primario de un transformador, sufre cientos de cambios de polaridad cada segundo. Como resultado, la corriente secundaria del transformador cambia a una frecuencia de cincuenta ciclos completos por segundo. La corriente continua pasa por el transformador, primero en un sentido y luego en el otro, a través del sistema de conmutación.

El cambio sentido de la corriente que circula por el primario del transformador es muy brusco, lo que da al secundario una forma de onda "cuadrada". Son dispositivos

baratos, pero ineficaces que para evitar armónicos requieren filtros. En la figura (4) es la onda purpura (20)

➤ **Inversores de onda senoidal modificada**

Los inversores sinusoidales avanzados son más complejos y caros. Utilizan una técnica llamada modulación de ancho de pulso: cambiar la longitud de onda para que sea lo más semejante a una onda sinusoidal. La salida es muy semejante a una onda sinusoidal. En términos de armónicos, tienen un contenido armónico menor que una onda cuadrada.

La relación calidad/precio que ofrecen estos aparatos son la mejor opción para conectarlos a la iluminación, la TV o reguladores de frecuencia. En la figura (4) es una onda azul. (20)

➤ **Inversores de onda senoidal**

Los inversores con una electrónica más sofisticada pueden producir una onda sinusoidal pura. Suelen tener un rendimiento superior al noventa por ciento (90%) porque contienen microprocesadores. En comparación con los inversores de onda cuadrada u onda sinusoidal modificada, son más caros.

Son pocos los motores de inducción y equipos de control o equipos médicos que necesitan una onda sinusoidal pura, para otros tipos de cargas son mejores los inversores más baratos. En la figura (4) imagen es la onda negra. (20)

**c) Criterios de selección del inversor CC-CA adecuado**

**Potencia:** La potencia total de todos los equipos funcionando al mismo tiempo no puede ser superior al 70% de la potencia normal del inversor. Si el inversor funciona de forma continua durante 24 horas (24 horas), debe elegir un inversor con una eficiencia mínima del noventa por ciento (90%). En cambio, si utiliza el inversor ocasionalmente, puede elegir un inversor de baja eficiencia que le resultará más económico.

**Forma de onda:** Es la calidad de potencia requerida por la carga y determina el tipo de forma de onda generada por el inversor (cuadrada, sinusoidal o sinusoidal modificada). Por ejemplo, los taladros soportan bien cualquier tipo de forma de onda, los televisores en color, ordenadores personales, etc. requieren al menos una onda sinusoidal modificada, mientras que los temporizadores funcionan mejor con ondas sinusoidales.

**Potencia máxima:** Es la capacidad de soportar la sobrecarga máxima provocada por la carga inductiva de algunas cargas cuando se ponen en marcha, como motores de arranque, lámparas fluorescentes, etc., sin dañar el inversor. (20)



## 2.2.4 Principios de funcionamiento.

### 2.2.4.1 Energía solar.

La energía solar es una fuente natural e ilimitada compuesta de fotones que puede ser aprovechada por el hombre para beneficios propios o de una población en general a través de sus ondas electromagnéticas. (22)

### 2.2.4.2 El Sol.

El Sol es la estrella más grande del Sistema Solar y la más cercana a la Tierra. Forma parte de la Vía Láctea.

Los únicos objetos del universo que emiten luz son las estrellas. El Sol es el objeto celeste más brillante visible para los humanos y está situado a una distancia de unos 150 millones de kilómetros de la Tierra.

Más del 99,8% del sistema solar está contenida por el Sol. Por lo tanto el sol contiene "casi todo" el Sistema Solar. Los planetas lo orbitan debido a la inmensa atracción gravitatoria que ejerce sobre ellos junto con los asteroides, meteoroides, cometas y polvo, conformando, así, el Sistema Solar.

En la siguiente tabla mostramos algunos datos sobre el Sol en comparación con la Tierra:

**Tabla 1:**

Características del Sol

| Información básica                   | El Sol               | La Tierra             |
|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Tamaño: radio ecuatorial             | 695.000 km.          | 6.378 km.             |
| Periodo de rotación sobre el eje     | de 25 a 36 días      | 23,93 horas           |
| Masa comparada con la Tierra         | 332.830              | 1                     |
| Temperatura media superficial        | 6000 ° C             | 15 ° C                |
| Gravedad superficial en la fotosfera | 274 m/s <sup>2</sup> | 9,78 m/s <sup>2</sup> |

Fuente: Astronomia.com (<https://www.astromia.com/solar/sol.htm>)

El núcleo de la galaxia que está a 25.800 años luz, es el centro de gravedad de todo el Sistema Solar, incluido el Sol donde una rotación entera tarda 225 millones de años en completarse. En nuestra época, se desplaza hacia la constelación de Hércules a una velocidad de 19 kilómetros por segundo. (22)

### ➤ Superficie del Sol

El Sol nuestra estrella particularmente se creó hace unos 4.600 millones de años y cuenta con combustible para unos 5.000 millones de años. A partir de entonces comenzara a crecer más hasta alcanzar el tamaño de una estrella gigante roja. Finalmente, se desmoronara por su propio peso y se convertirá en una enana blanca que podría tardar hasta un trillón de años en enfriarse. (22)

**Figura 6:** Superficie del Sol.



Fuente: <https://www.astromia.com/solar/estrucsol.htm>

#### 2.2.4.3 Radiación solar.

Toda la radiación electromagnética que emite el Sol es denominada comúnmente como radiación solar o energía solar. Existen diversas formas de transformar la energía útil de la radiación como en calor y electricidad. Sin embargo todo dependerá de los recursos solares accesibles en la zona las cuales determinaran la viabilidad tecnológica y la rentabilidad de estos sistemas.(22)

##### a) Principios básicos

El sol llega a todos los lugares de la Tierra al menos una parte del año. En cualquier lugar de la tierra se recibe cantidades variable de radiación solar dependiendo de la posición geográfica, la estación del año, la hora del día la temperatura y la topología local.

La superficie esférica de la tierra es tocada por el Sol en diferentes ángulos que van de 0° (justo por encima del horizonte) a 90° (justo por encima de la cabeza). La superficie terrestre recibe la máxima energía posible cuando los rayos solares son perpendiculares. Los rayos solares se dispersan más y recorren la atmósfera por más tiempo cuando la inclinación es mayor.

Las regiones polares son muy frías en vista de que nunca reciben mucha radiación puesto que la tierra es redonda y es por ello que debido a la inclinación de su eje de rotación no reciben luz solar durante parte del año.

La inclinación del eje de rotación de la tierra es de  $23,5^\circ$  esto es muy importante para poder determinar cuánta luz solar llega a un lugar determinado de la Tierra. Debido a esta inclinación, los días se alargan en el hemisferio norte desde el equinoccio de primavera hasta el equinoccio de otoño y en el hemisferio sur durante los siguientes 6 meses. Durante el equinoccio, en torno al 23 de marzo y al 22 de septiembre de cada año, la duración del día y la noche son exactamente de 12 horas.

Radiación solar directa y difusa:

En su paso por la atmósfera una parte de la luz solar es absorbida, dispersada y reflejada por:

- Moléculas de aire
- Vapor de agua
- Nubes
- Polvo
- Contaminantes
- Incendios forestales
- Volcanes

A esto es lo que llamamos radiación solar difusa. Mientras que la radiación solar directa es la energía solar que llega a la superficie de la tierra sin dispersarse. La radiación global viene a ser la suma de la radiación solar directa y difusa. La radiación directa puede reducirse debido a las condiciones atmosféricas en días luminosos y secos en un 10% si el día es nublado y denso hasta en un 100%.

### **b) Medición**

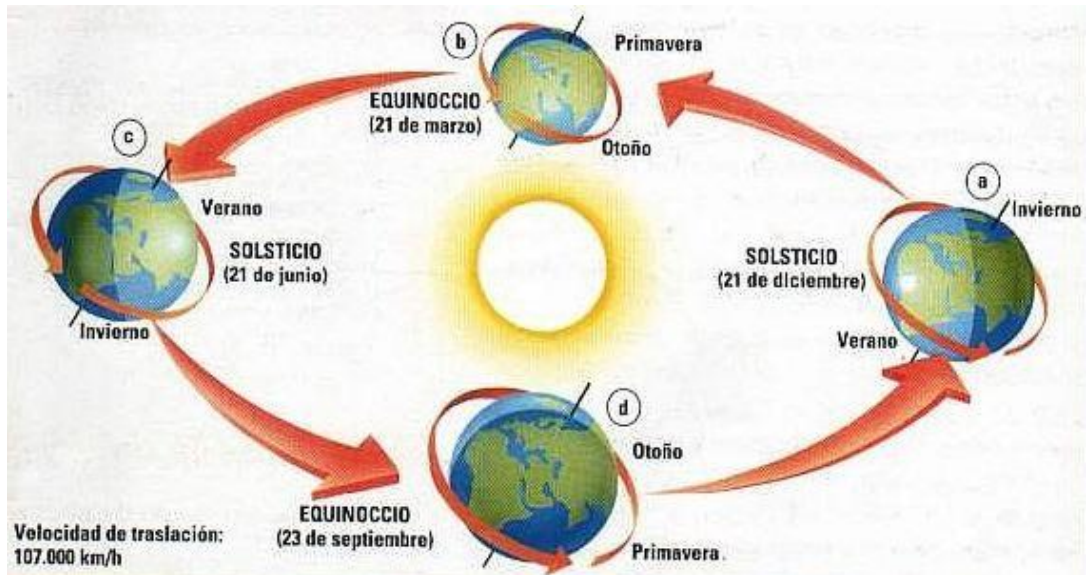
La radiación de los sistemas eléctricos fotovoltaicos (fotoeléctricos) se expresan en kilovatios-hora por metro cuadrado (kWh/m<sup>2</sup>). Otra forma de evaluar directamente la sinergia solar son los vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>).<sup>(23)</sup>

### **c) Conceptos elementales de astronomía de posición solar**

Como ya se ha mencionado, el Sol recorre la eclíptica a lo largo del año, periodo en el cual hay dos solsticios y dos equinoccios. El solsticio de junio, cuando el eje de la Tierra está orientado hacia el Sol, tiene una declinación de  $23,5^\circ$ , mientras que el solsticio del 22 de diciembre, con una declinación de  $-23,5^\circ$ , siendo este el día más largo en el hemisferio sur y el más corto en el hemisferio norte. Durante el equinoccio el día y la noche tienen la misma duración en todas partes por que el eje de la tierra apunta en

dirección al Sol con una declinación de 0°. El equinoccio de verano (22 de marzo), anuncia la entrada de la primavera mientras que el equinoccio de invierno (23 de septiembre) anuncia la llegada del verano marcando así el cambio de estaciones en el hemisferio norte.

**Figura 7:** Recorrido de la Tierra alrededor del Sol



Fuente: <http://jburgosrinconcientifico.blogspot.com/2017/02/relacion-sol-tierra-luna.html>

#### d) Coordenadas celestes

Es un sistema de coordenadas que hace uso de la declinación ( $\delta$ ) y el ángulo horario (AH) para poder describir la ubicación de un objeto definiendo así los absolutos especificados por el Punto de Aires y el Ecuador Celeste que caracterizan el sistema.

El "ángulo horario AH" o "ascensión recta" se mide hacia el este desde el punto de Aries a lo largo del ecuador celeste y se mide en horas en una escala de 0 a 24, donde 15° equivale a 1 hora. AH equivale a 0 horas cuando el Sol está a meridiano y a 12 horas a medianoche.

Al ángulo formado por un cuerpo celeste y el ecuador se denomina (declinación) y se expresa en grados que oscila de 0° a 90° en el hemisferio norte y de 0° a -90° en el hemisferio sur.

La declinación (en grados) para un lugar y una época del año en concreto se puede determinar con la siguiente fórmula.

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot (d - dsv)}{365,25}\right) \quad (1)$$

Contando desde el primero de enero  $d$  es el día juliano en que se hace la medición y  $d_{sv}$  es el 22 de Julio día juliano donde cae el solsticio de verano. (24 págs. 13,14).

#### **2.2.4.4 Identificación de zonas de radiación.**

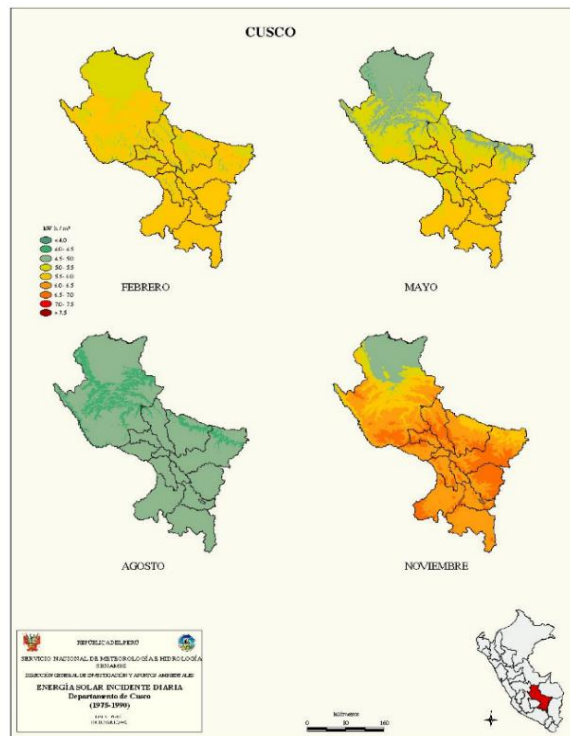
##### **➤ Definición de radiación solar**

La radiación electromagnética que emite el sol es un fenómeno físico conocido como radiación solar dicho efecto por unidad de superficie puede medirse en unidades de irradiancia. La radiación tiene la particularidad de ser transmisible al vacío por lo tanto es una energía que puede atravesar el espacio.

El ángulo con el que la radiación penetra en la atmosfera así como la rotación y traslación naturales de la tierra como también la distancia entre el Sol y la Tierra, influyen en la cantidad de radiación que llega a nuestro planeta

La aceleración de cargas eléctricas crea ondas que se conocen como radiaciones electromagnéticas. Se presume que a la superficie de la Tierra solo llega la mitad ya sea directamente o por dispersión aérea. El resto de la radiación es absorbida o dispersada por los elementos terrestres o se pierde en el espacio. El Ozono es una de los elementos de la atmosfera que contribuye a la absorción de estas radiaciones en especial las que se encuentran en la franja ultravioleta. (25)

**Figura 8:** Mapa de radiación Solar anual de Cusco



Fuente: Delta volt (<https://deltavolt.pe/phocadownload/Cusco.jpg>)

**Figura 9:** Mapa de radiación Solar anual en Perú



Fuente: <https://www.panelsolarperu.com/blog/tag/mapa-de-radiacion-solar-peru/>

#### 2.2.4.5 Cálculos para el diseño de sistema de panel fotovoltaico.

Para el cálculo de paneles Fotovoltaicos que vamos a necesitar en nuestra instalación tendremos que considerar las características de cada una de ellas para de acuerdo a estos datos hacer el cálculo de cuantos paneles serán necesarios siempre teniendo en cuenta la cantidad de energía que se necesita en (KW/h) considerando siempre que el lugar donde se realizará la instalación será en el tejado por este motivo se tomara en cuenta que el área de instalación no tiene que tener sombra ya que esto afectaría la producción y que esta pueda caer así sea la sombra en un 10% que afectaría en gran escala su rendimiento.

Para evitar dichas pérdidas elegiremos paneles Fotovoltaicos de buena calidad y que tengan una garantía de por lo menos 25 años de duración y tampoco sean alteradas por la sombra.

**Figura 10:** Dimensionado De Una Instalación Solar Fotovoltaica



Fuente: <https://novumsolar.com/que-es-el-zero-export-y-para-que-sirve/>

Para realizar el cálculo de cuantos paneles Fotovoltaicos serán necesarios para la instalación, necesitaremos saber los siguientes datos.

El consumo en KW/h diario

La Superficie disponible para la instalación

La orientación de tu tejado

Por otro lado, también debemos tener en cuenta los siguientes datos para los paneles fotovoltaicos.

El potencial de los paneles fotovoltaicos

La inclinación de los paneles fotovoltaicos

Tecnología

Consumo energético de tu vivienda:

Como ya se había dicho, lo ideal es conocer el consumo de energía en kWh/día de una vivienda. Pero es importante separar el consumo de energía cuando hace sol del consumo de energía cuando no hace sol.

Espacio libre en el tejado:

Una vez que lleguemos a saber cuántos paneles solares necesitamos, podremos ver cuánto espacio requerimos para instalar el sistema solar y si contamos con el espacio suficiente para instalarlo.

## **2.2.5 Herramienta de diseño y simulación HOMER.**

### **2.2.5.1 Definición.**

El diseño de las microrredes en diversos contextos como la energía rural y los servicios públicos en islas, las instalaciones militares y los campus conectados a la red requieren de un software estándar en microrredes como el HOMER Pro de HOMER Energy donde puedan trabajar de manera más eficaz ingenieros y economistas haciendo uso del HOMER (Hybrid Multi-Energy Optimization Model), software creado por primera vez por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables y ahora mejorado y distribuido por HOMER Energy la cual integra tres potentes herramientas en un solo paquete. (26)

#### ➤ Simulación

Fundamentalmente, HOMER es un programa de simulación. El cual realizara diferentes replicas con los dispositivos que se desee pensar, con este Software puede replicar cientos e incluso miles de sistemas acorde a la configuración que realices.

Las réplicas realizadas por HOMER los hará representando un año con tiempos de hasta minutos y horas de funcionamiento de una red híbrida.

#### ➤ Mejoramiento

HOMER revisara todas las mezclas existentes de tipos de sistemas en una sola pasada y serán clasificadas según las variables de optimización elegidas.

HOMER Pro es un diseño con técnicas de optimización que muestra alternativas más rentables para una microred u otro sistema de generación distribuida.

#### ➤ Análisis

En vista de que no se pueden controlar todas las características de un sistema así como tampoco se puede determinar la importancia de una variable y realizar cientos de miles de pruebas para comparar resultados, HOMER nos da la libertad de plantearnos tantas preguntas como deseemos.

Todo esto nos permite observar los efectos y factores que no se pueden controlar como la velocidad del viento, los precios de la gasolina, entre otros y así entender como



estas variaciones afectan el sistema ideal, gracias a que HOMER realiza cientos de comparaciones en una sola ejecución.

➤ Módulos

Para adaptarlo a nuestras necesidades específicas de modelado en HOMER Pro se puede añadir hasta nueve módulos independientes:

- Biomasa
- Hidro
- Calor y energía combinados
- Carga avanzada
- Cuadrícula avanzada
- Hidrógeno
- Almacenamiento avanzado
- Multianual
- Enlace de MATLAB

## 2.2.6 Rentabilidad.

### 2.2.6.1 Definición.

La rentabilidad económica se refiere a los beneficios que obtendrá una persona por una inversión.

Es un concepto muy importante tanto en la inversión como en la vida empresarial, ya que sirve como indicador confiable del progreso de inversión y la capacidad que tienen las empresas para cubrir los costos de inversión.

## 2.3 Definición de términos básicos

- a) **Panel fotovoltaico:** Es un tipo de panel solar fabricado para aprovechar la energía solar que tiene por finalidad producir electricidad a partir de la energía solar. También se denomina módulo fotovoltaico
- b) **Regulador de carga solar:** Un regulador o controlador de carga solar se sitúa entre los paneles y la batería y se encarga de controlar la tensión y la intensidad de carga de la batería. Por lo tanto, un regulador de carga o controlador de paneles solares se convierte en un componente clave, ya que protege la batería y prolonga su vida útil.
- c) **Inversor:** Dispositivo electrónico que transforma los 12 V o 24 V DC de un panel o batería a 220 V (AC) igual a los suministrados por la compañía eléctrica a la vivienda.
- d) **Energía solar:** Es una fuente natural e inagotable de energía formada por fotones que el ser humano puede usar en beneficio propio o de toda la nación a través de sus ondas electromagnéticas.

- e) **El Sol:** Fuente principal de energía, del que recibimos radiación, principalmente en forma de luz y calor. En la fusión nuclear produce una gran cantidad importante de energía electromagnética.
- f) **Radiación solar:** Capaz de ser captada y transformada en energía beneficiosa, calor y electricidad mediante la utilización del recurso solar y el uso de tecnologías.
- g) **Hora Solar Pico (HSP):** Se le llama así a la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie, es la principal herramienta para realizar cálculos fotovoltaicos.
- h) **Energía eléctrica:** Obtenida a través del flujo de electrones que producen los materiales conductores entre dos puntos que genera una diferencia de potencial.
- i) **Energía renovable:** Tipo de energía producida por recursos naturales renovables e infinitas.
- j) **Generación:** Transformación de alguna clase de energía en energía eléctrica.
- k) **Red eléctrica:** Sistema que suministra energía eléctrica a los clientes.

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1 Método y alcances de la investigación

#### 3.1.1 Método de investigación.

En el presente trabajo de investigación se empleó el método inductivo, porque a partir de premisas particulares se generalizaron las conclusiones (1); los resultados que se obtuvieron se pudieron utilizar en cualquier suministro con tarifa BT5B ubicado en el distrito de San Sebastián de la provincia de Cusco en el 2022.

#### 3.1.2 Tipo de investigación.

El estudio fue de tipo aplicado porque tuvo como finalidad (27), resolver el problema de determinar las características de un sistema de generación de energía eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián a partir de irradiación solar y la factura mensual por el consumo de electricidad.

#### 3.1.3 Nivel de investigación.

Por la naturaleza del estudio realizado, la presente investigación fue de nivel descriptivo porque se determinó las características de un sistema de generación eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B (27).

### 3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue no experimental de corte transversal, porque se tomó los datos de la muestra en un solo momento y a partir de ello se determinó las características de un sistema de generación eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B (27).

M: OX  $\longrightarrow$  Y

Donde:

M: Muestra.

OX: Toma de datos de la variable independiente

Y: Proposición de los efectos o la variable dependiente

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Población.

Una población es un conjunto de medidas que pueden tomarse de las características comunes de un grupo de organismos u objetos. Este concepto tiene una importancia esencial en estadística, ya que delimita las conclusiones o inducciones que

pueden hacerse con él (28). El estudio está compuesto por todos los suministros residenciales con tarifa BT5B del distrito de San Sebastián de la provincia de Cusco, cuyo consumo mensual de energía eléctrica se encuentra en el rango de 31kWh y 200kWh.

### **3.3.2 Muestra.**

La muestra fue compuesta por 20 suministros residenciales con tarifa BT5B del distrito de San Sebastián, que se eligieron mediante un muestreo por conveniencia no probabilístico entre aquellos que voluntariamente desean brindar información sobre la potencia instalada, consumo mensual de energía entre otros; y estuvieron distribuidos de la siguiente manera: 5 suministros con consumos entre 31kWh y 50kWh, 5 suministros con consumos entre 51kWh y 100kWh, 5 suministros con consumos entre 101kWh y 150kWh y 5 suministros con consumos entre 151kWh y 200kWh.

## **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos.**

Los métodos utilizados para obtener los datos fueron la observación sobre el terreno, las entrevistas y las encuestas.

### **3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.**

Los instrumentos empleados para el estudio fueron.

Cuestionario el cual nos sirvió para poder determinar el grado de conocimiento con el cual cuentan los usuarios con suministros residenciales de tarifa BT5B, referente a la energía solar y el uso de las energías renovables así como el rango de los costos que pagan en su recibos de luz.

Guía de entrevista mediante el cual se pudo recopilar datos sobre el número de artefactos, los periodos de uso y las cargas que requieren aproximadamente cada usuario así como la ficha de observación mediante el cual se pudo identificar los suministros residenciales de tarifa BT5B para de esta manera poder adquirir los datos de consumo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

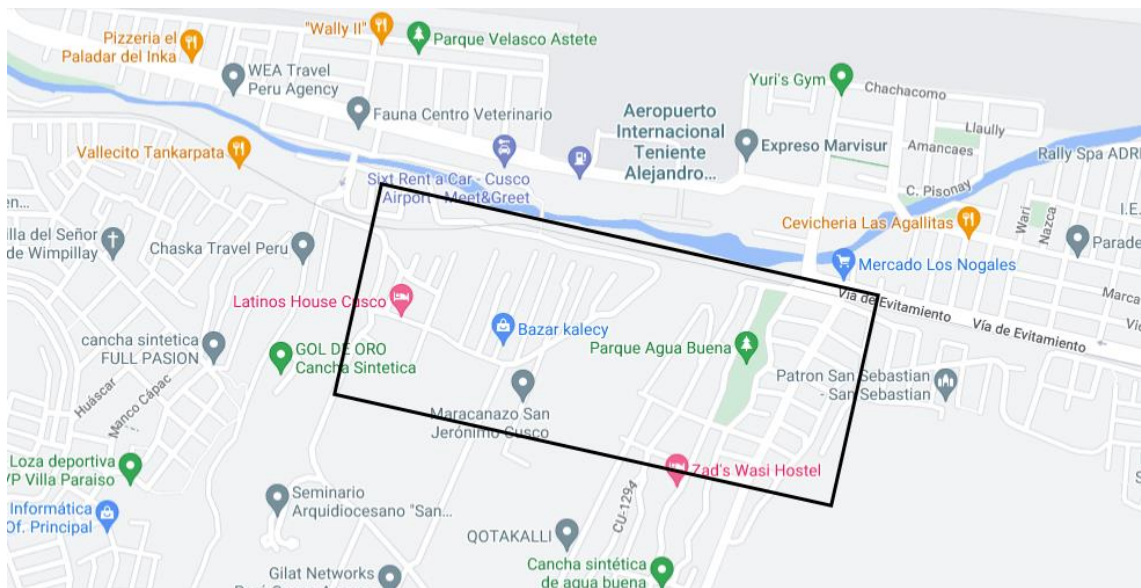
#### 4.1 Generación fotovoltaica para suministros residenciales de tarifa BT5B

##### 4.1.1 Ubicación.

San Sebastián está ubicado en la provincia de Cusco, es parte de los ocho distritos que conforman la provincia de Cusco. Cuyos límites son por el norte con la provincia de Calca, por el este el distrito de San Jerónimo, al sur con la provincia de Paruro y al oeste con el distrito de Cusco, Wanchaq y Santiago.

Su territorio tiene una extensión de 89,44 km<sup>2</sup>, su altitud promedio de 3295 m.s.n.m; su crecimiento poblacional y demográfico fue ascendente en los últimos años llegando aproximadamente a los 115 305 habitantes según el último censo 2017.

**Figura 11:** Ubicación Geográfica



Fuente: Elaboración propia

##### 4.1.2 Coordenadas geográficas.

La ubicación del distrito de San Sebastián está determinada por las siguientes coordenadas geográficas.

Latitud: -13.53

Longitud: -71.9375

Latitud: 13° 31' 48" Sur

Longitud: 71° 56' 15" Oeste

#### **4.1.3 Radiación solar del distrito de San Sebastián.**

Su radiación solar está dentro de los valores máximos de radiación horizontal media, cuyo nivel máximo del lugar estudiado es de 5,34 kWh/m<sup>2</sup>/día y el mínimo de 4,57 kWh/m<sup>2</sup>/día. Estos niveles de radiación existentes en la zona de estudio cuyos valores son superiores a 4 kWh/m<sup>2</sup>/día, hacen que se torne como atractivo la implementación de sistemas de tecnología fotovoltaica para la autogeneración de energía eléctrica.

También es importante que en este proyecto de tesis consideraremos un valor mínimo de irradiancia media horizontal de 4,57 kWh/m<sup>2</sup>/día para el lugar de estudio en el distrito de San Sebastián Cusco.

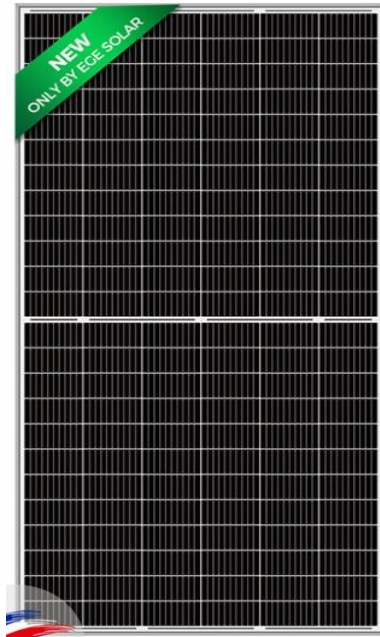
#### **4.1.4 Características técnicas de la generación fotovoltaica.**

##### **a) Paneles**

Los paneles fotovoltaicos a utilizar en el presente proyecto son de la marca de Perc Eco Green de 450W de potencia y 24V Monocristalino de 144 celdas, eficiencia máxima de 20.81% cuyas dimensiones 2102x1040x35mm, un peso de 24.5 Kg la cual nos brinda una garantía 12 años a defectos de fábrica.

(29)

**Figura 12:** Panel Solar



Fuente: <https://www.panelsolarperu.com/productos/476-panel-solar-450w-24v-monocristalino-perc-eco-green.html>

#### **b) Inversor**

La marca del inversor utilizado en este proyecto es RED Growatt MIC 3000TL-X CON WIFI X monofásico, que cuenta con una alta eficiencia de trabajo del 97,6%, el rendimiento del controlador MPPT es del 99,9%, y la potencia de trabajo cumple con la norma europea. 97.1%. Por lo tanto, nuestro sistema solar tendrá el precio más asequible y la producción de energía más potente. (29)

**Figura 13:** RED Growatt MIC 3000TL-X



Fuente: <https://www.panelsolarperu.com/inversores-de-interconexion/471-inversor-a-red-growatt-mic-3000tl-x-monofasico.html>

**c) Monitorización Growatt Shine Wifi-X**

Dispositivo Growatt Shine Wifi-X es un elemento que permite el monitoreo y la gestión del dispositivo el cual proporciona conectividad Wifi a los inversores Growatt serie X o MIN-XE. La conexión entre el router wifi y el receptor debe establecerse mediante una app especial, y el lugar de instalación del inversor debe tener suficiente cobertura. (29)



**Figura 14:** Monitorización Growatt Shine Wifi-X



Fuente: <https://www.panelsolarperu.com/productos/556-monitorizacion-growatt-shine-wifi-x.html>

**d) 1 x Smart Meter CT Monofásico GROWATT:**

El medidor de potencia monofásico Growatt SPM-CT-E es un medidor que sirve para conocer la energía que necesita la instalación eléctrica en la que se instala. El dispositivo también se puede configurar en el inversor para verter o no a la red el exceso de electricidad, en nuestro caso es de inyección Cero o no se verterá energía a la red. Este medidor de potencia es compatible con los inversores monofásicos Growatt. (29)

**Figura 15:** 1 x Smart Meter CT Monofásico GROWATT



Fuente: <https://www.panelsolarperu.com/inversores-de-interconexion/526-smart-meter-ct-monofasico-growatt.html>

#### **e) Conexión Panel Solar Terminal MC4 x pares**

Conectores MC4 macho y hembra para conectar paneles solares entre sí. Este tipo de conector es especialmente útil para los paneles solares, ya que proporciona una conexión impermeable contra la humedad y las inclemencias del tiempo. Además, pueden estar expuestos a la luz solar en exteriores durante más de 25 años sin verse afectados, estas presentan características similares al de los paneles solares que hacen que sus vidas útiles sean equivalentes a los paneles que se unen. Es recomendable utilizar estos conectores antes que las tiras para evitar problemas a mediano y largo plazo en los sistemas solares. (29)

**Figura 16:** Conexión Panel Solar Terminal MC4 x pares



Fuente: <https://www.panelsolarperu.com/productos/178-conexion-panel-solar-terminal-mc4-x-pares.html>

**f) 2 x Estructura regulable 10° a 15° Aluminio T6000 AISI 304 / SET x 4 paneles:**

Soporte para la instalación de paneles solares en tejados o superficies sin pendiente. Además, este permite inclinar el panel hasta 15° respecto a la superficie de la estructura de montaje. El sistema de inclinación ajustable está diseñado para inclinar los módulos en superficies planas. Tiene la capacidad de tener una solución ajustable de 10-15 grados o un ángulo fijo. Esta construcción es adecuada para paneles de 144 células con un tamaño máximo de 1040x2102 mm y cualquier tipo de grosor. (29)

**Figura 17:** Estructura regulable 10° a 15° Aluminio T6000 AISI 304 / SET x 4 paneles



Fuente: <https://www.panelsolarperu.com/productos/214-estructura-regulable-10-a-15-aluminio-t6000-aisi-304-set-x-4-paneles.html>

**g) 1 x PV Combiner Box 1 en 1 hasta 550VDC:**

Dispositivo que sirve como protección del circuito solar ante los cortos circuitos, de sobre corriente o sobretensión, su uso es necesario ya que prolonga el tiempo de vida de un sistema solar y mejora la protección del sistema. (29)

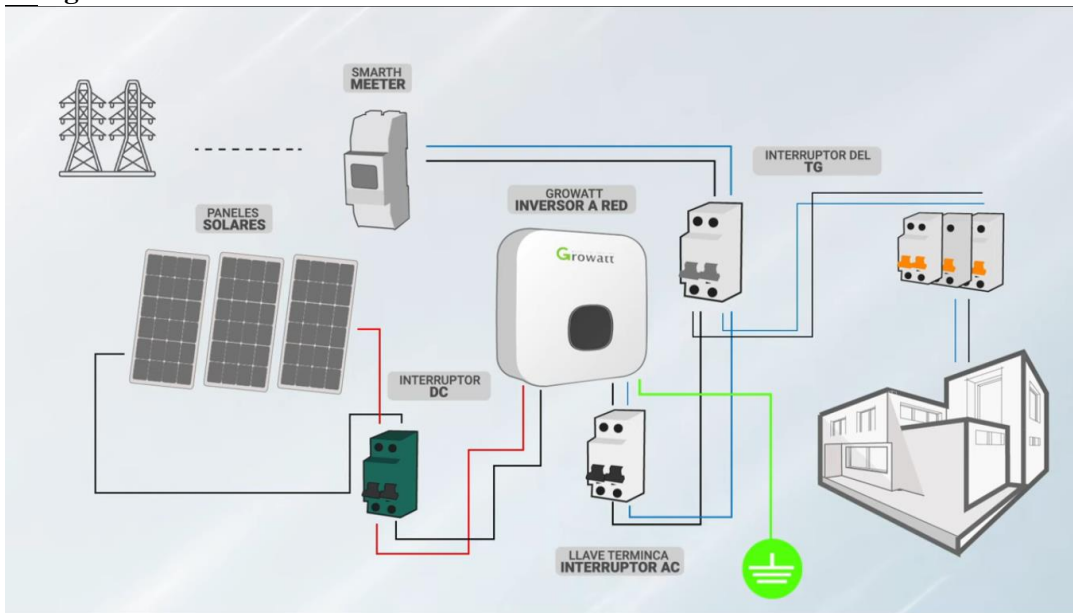
**Figura 18:** PV Combiner Box 1 en 1 hasta 550VDC



Fuente: <https://www.panelsolarperu.com/sistemas-de-proteccion-solar-fotovoltaica/522-pv-combiner-box-1-en-1-hasta-550vdc.html>

## Sistema Solar Fotovoltaico conectado a la red

**Figura 19:** Sistema Solar Fotovoltaico conectado a la red



Fuente: <https://portalsolar.com.ar/resenas-de-equipos/inversores/inversor-growatt-mic1500tl-x>

### 4.2 Rangos de consumo mensual de energía eléctrica

La determinación de los rangos de consumo utilizado en el análisis de resultados y diseño del sistema de generación fotovoltaico fue realizada en base el pliego tarifario del mes de Agosto (que se adjunta en el anexo 5), cuyo resultado es el siguiente:

**Tabla 2:**

*Rangos de consumo mensual de energía eléctrica*

| Rango de consumo  | Cantidad de usuarios | % de usuarios |
|-------------------|----------------------|---------------|
| < 30 kWh          | 395                  | 24%           |
| 30 kWh a 50 kWh   | 190                  | 12%           |
| 51 kWh a 100 kWh  | 565                  | 34%           |
| 101 kWh a 150 kWh | 295                  | 18%           |
| 151 kWh a 200 kWh | 103                  | 6%            |
| > 200 kWh         | 100                  | 6%            |
| <b>Total</b>      | <b>1648</b>          | <b>100%</b>   |

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.1 Características de los suministros según rango.**

##### **4.2.1.1 Consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.**

Los suministros que se encuentran en este rango de consumo cuentan con el equipamiento de 2 televisores led de 30" las cuales son usadas generalmente en horas de la noche, 01 plancha con la que solo algunos usuarios cuentan y que son usadas extemporáneamente a veces una vez por semana por un tiempo máximo de 15 minutos, 1 lavadora que tan solamente lo usan los fines de semana por un tiempo de 2 horas aproximadamente, 1 horno microondas con las cuales solo cuentan algunos usuarios y el tiempo de uso es de 5 minutos máximo, 01 mini refrigerador las cuales son de bajo consumo artefacto con el cuentan solo 2 usuarios en dicho rango, 03 focos led que es con lo cuentan por lo general todos los usuarios, 01 computadora que es un artefacto el cual hacen uso por un periodo de 2 a 3 horas por día y 02 celulares que es un artefacto que ya es muy común en toda vivienda.

En la tabla (3), se muestra un detallado de consumo durante las horas en que se hará uso de los paneles fotovoltaicos de los artefactos y sus respectivas cargas con las que cuentan los clientes del rango de 31 kW-h y 50 kW-h, así como sus respectivas potencias en (W) cabe precisar que dichas viviendas cuentan con dos a tres habitantes.

Se tomó una muestra de 5 suministros que se encuentran en esta categoría, los cuales nos facilitaron sus recibos de pagos mensuales, así como un detallado de los artefactos del cual pudimos obtener sus consumos, así como el requerimiento de energía promedio (kW-h) durante las horas de trabajo, en suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.

**Tabla 3:**

Consumo de energía entre 31 kW-h y -50 kW-h

| HORA          | SUMINISTRO   |              |              |              |              | PROMEDIO     |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|               | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            |              |
| 07:01 - 07:30 | 0,040        | 0,036        | 0,006        | 0,036        | 0,052        | 0,034        |
| 07:31 - 08:00 | 0,005        | 0,175        | 0            | 0,181        | 0,000        | 0,0721       |
| 08:01 - 08:30 | 0,280        | 0            | 0,275        | 0,25         | 0,075        | 0,1759       |
| 08:31 - 09:00 | 0,005        | 0,3275       | 0            | 0            | 0,000        | 0,0664       |
| 09:01 - 09:30 | 0,005        | 0,0525       | 0,25         | 0            | 0,000        | 0,0614       |
| 09:31 - 10:00 | 0,000        | 0,0525       | 0            | 0            | 0,000        | 0,0105       |
| 10:01 - 10:30 | 0,025        | 0,0525       | 0            | 0            | 0,075        | 0,0305       |
| 10:31 - 11:00 | 0,000        | 0,0525       | 0            | 0            | 0,000        | 0,0105       |
| 11:01 - 11:30 | 0,000        | 0,0525       | 0            | 0            | 0,000        | 0,0105       |
| 11:31 - 12:00 | 0,000        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0            |
| 12:01 - 12:30 | 0,025        | 0            | 0            | 0            | 0,075        | 0,02         |
| 12:31 - 13:00 | 0,000        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0            |
| 13:01 - 13:30 | 0,000        | 0            | 0            | 0,0225       | 0,000        | 0,0045       |
| 13:31 - 14:00 | 0,000        | 0            | 0            | 0,0225       | 0,000        | 0,0045       |
| 14:01 - 14:30 | 0,025        | 0            | 0            | 0,0225       | 0,075        | 0,0245       |
| 14:31 - 15:00 | 0,000        | 0            | 0            | 0,0225       | 0,000        | 0,0045       |
| 15:01 - 15:30 | 0,000        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0            |
| 15:31 - 16:00 | 0,000        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0            |
| 16:01 - 16:30 | 0,025        | 0            | 0            | 0            | 0,075        | 0,02         |
| 16:31 - 17:00 | 0,000        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0            |
| <b>TOTAL</b>  | <b>0,433</b> | <b>0,801</b> | <b>0,531</b> | <b>0,557</b> | <b>0,427</b> | <b>0,550</b> |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla (3) respecto de los suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h; se observa que el requerimiento de energía máxima diaria en esta categoría es de 0,801 kW-h, el requerimiento mínimo es de 0,427 kW-h y el promedio es de 0.550 kW-h. Asimismo, se observa que el mayor consumo se da en el horario de 08:01m a 08:30 pm teniendo un valor promedio de 0,1759kW-h.

Potencia instantánea promedio (kW) requerida durante el día en suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.

**Tabla 4:***Perfil de Carga entre 31 kW-h y 50 kW-h*

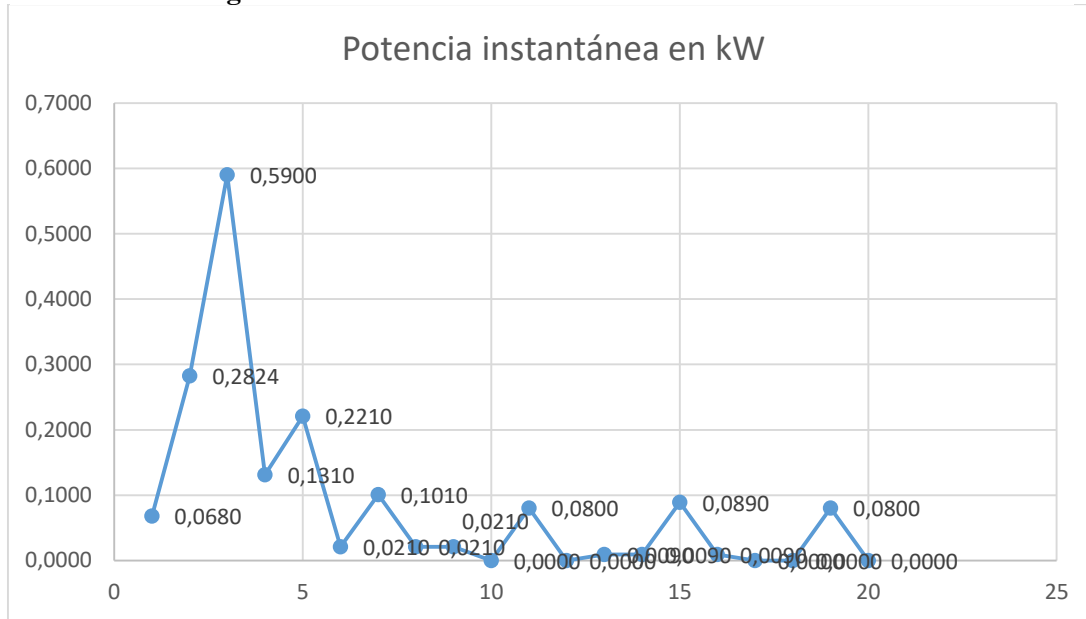
| HORA          | SUMINISTRO |      |      |      |      | PROMEDIO |
|---------------|------------|------|------|------|------|----------|
|               | 1          | 2    | 3    | 4    | 5    |          |
| 07:01 - 07:30 | 0,08       | 0,07 | 0,01 | 0,07 | 0,10 | 0,07     |
| 07:31 - 08:00 | 0,00       | 0,70 | 0,00 | 0,71 | 0,00 | 0,28     |
| 08:01 - 08:30 | 1,10       | 0,00 | 0,55 | 1,00 | 0,30 | 0,59     |
| 08:31 - 09:00 | 0,00       | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13     |
| 09:01 - 09:30 | 0,00       | 0,11 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22     |
| 09:31 - 10:00 | 0,00       | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02     |
| 10:01 - 10:30 | 0,10       | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,10     |
| 10:31 - 11:00 | 0,00       | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02     |
| 11:01 - 11:30 | 0,00       | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02     |
| 11:31 - 12:00 | 0,00       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00     |
| 12:01 - 12:30 | 0,10       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,08     |
| 12:31 - 13:00 | 0,00       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00     |
| 13:01 - 13:30 | 0,00       | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,01     |
| 13:31 - 14:00 | 0,00       | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,01     |
| 14:01 - 14:30 | 0,10       | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,30 | 0,09     |
| 14:31 - 15:00 | 0,00       | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,01     |
| 15:01 - 15:30 | 0,00       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00     |
| 15:31 - 16:00 | 0,00       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00     |
| 16:01 - 16:30 | 0,10       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,08     |
| 16:31 - 17:00 | 0,00       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00     |

Fuente: Elaboración propia

Potencia instantánea promedio (kW) requerida durante el día en suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h



**Figura 20: Potencia Instantánea 31-50 kW-h**



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla (4) y la figura (12) respecto de los suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h; se observa que el requerimiento promedio de potencia máxima diaria en esta categoría es de 0,590 kW y se da en el horario de 08:01 a 08:30, el requerimiento mínimo es de 0,00 kW en horarios de 11:31 a 12:00, 12:31 a 13:00, 15:01 a 15:30, 15:31 a 16:00 y de 16:31 a 17:00.

#### 4.2.1.2 Consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.

Los suministros que se encuentran en este rango de consumo cuentan con el equipamiento de 2 televisores led de 40" y 45" las cuales son usadas generalmente en horas de la noche, 01 plancha que son usadas extemporáneamente una o dos veces por semana por un tiempo máximo de 15 minutos, 1 lavadora que tan solamente lo usan los fines de semana por un tiempo de 3 horas aproximadamente, 1 horno microondas con un tiempo de uso de 5 minutos como máximo, 01 refrigerador pequeño de bajo consumo, 03 focos led que es con lo cuentan por lo general todos los usuarios los cuales ponen en funcionamiento por las noches, 01 computadora que es un artefacto el cual hacen uso por un periodo de 3 a 5 horas por día y 03 celulares las cuales suelen cargar en diferentes horarios del día.

En la tabla (5) mostramos un detallado de los artefactos y sus respectivas cargas con las que cuentan los clientes del rango de 51 kW-h y 100 kW-h así como sus respectivas potencias en (W) cabe precisar que dichas viviendas cuentan con 2 a 3 habitantes.

Se tomó una muestra de 5 suministros que se encuentran en esta categoría, los cuales nos facilitaron sus recibos de pagos mensuales, así como un detallado de los artefactos del cual pudimos obtener sus consumos, así como el requerimiento de energía promedio (kW-h) durante el las horas de trabajo, en suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.

**Tabla 5:**

*Consumo de Energía entre 51 kW-h y 100kW-h*

| HORA          | SUMINISTRO   |              |              |              |              | PROMEDIO     |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|               | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            |              |
| 07:01 - 07:30 | 0,000        | 0,036        | 0,012        | 0,046        | 0,085        | 0,0357       |
| 07:31 - 08:00 | 0,075        | 0,175        | 0,181        | 0,1795       | 0,250        | 0,1721       |
| 08:01 - 08:30 | 0,258        | 0,075        | 0,081        | 0,6045       | 0,250        | 0,2536       |
| 08:31 - 09:00 | 0,008        | 0            | 0,006        | 0,2795       | 0,275        | 0,1136       |
| 09:01 - 09:30 | 0,008        | 0            | 0,525        | 0,0045       | 0,000        | 0,1074       |
| 09:31 - 10:00 | 0,083        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0,0165       |
| 10:01 - 10:30 | 0,000        | 0            | 0,075        | 0,075        | 0,075        | 0,045        |
| 10:31 - 11:00 | 0,000        | 0,075        | 0            | 0            | 0,000        | 0,015        |
| 11:01 - 11:30 | 0,000        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0            |
| 11:31 - 12:00 | 0,075        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0,015        |
| 12:01 - 12:30 | 0,030        | 0            | 0,075        | 0,075        | 0,075        | 0,051        |
| 12:31 - 13:00 | 0,030        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0,006        |
| 13:01 - 13:30 | 0,000        | 0,075        | 0            | 0            | 0,000        | 0,015        |
| 13:31 - 14:00 | 0,075        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0,015        |
| 14:01 - 14:30 | 0,000        | 0            | 0,075        | 0,0795       | 0,075        | 0,0459       |
| 14:31 - 15:00 | 0,000        | 0            | 0            | 0,0045       | 0,000        | 0,0009       |
| 15:01 - 15:30 | 0,000        | 0,075        | 0            | 0,0045       | 0,000        | 0,0159       |
| 15:31 - 16:00 | 0,075        | 0            | 0            | 0,0045       | 0,000        | 0,0159       |
| 16:01 - 16:30 | 0,000        | 0            | 0,075        | 0,075        | 0,075        | 0,045        |
| 16:31 - 17:00 | 0,025        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0,005        |
| <b>TOTAL</b>  | <b>0,740</b> | <b>0,511</b> | <b>1,105</b> | <b>1,432</b> | <b>1,160</b> | <b>0,990</b> |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla (5) respecto de los suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h; se observa que el requerimiento de energía máxima diaria en esta categoría es de 1,432 kW-h, el requerimiento mínimo es de 0,511 kW-h y el promedio es de 0,990 kW-h. Asimismo, se observa que el mayor consumo se da en el horario de 07:31m a 08:00 am teniendo un valor promedio de 0,1721kW-h.

Potencia instantánea promedio (kW) requerida durante el día en suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.

**Tabla 6:**

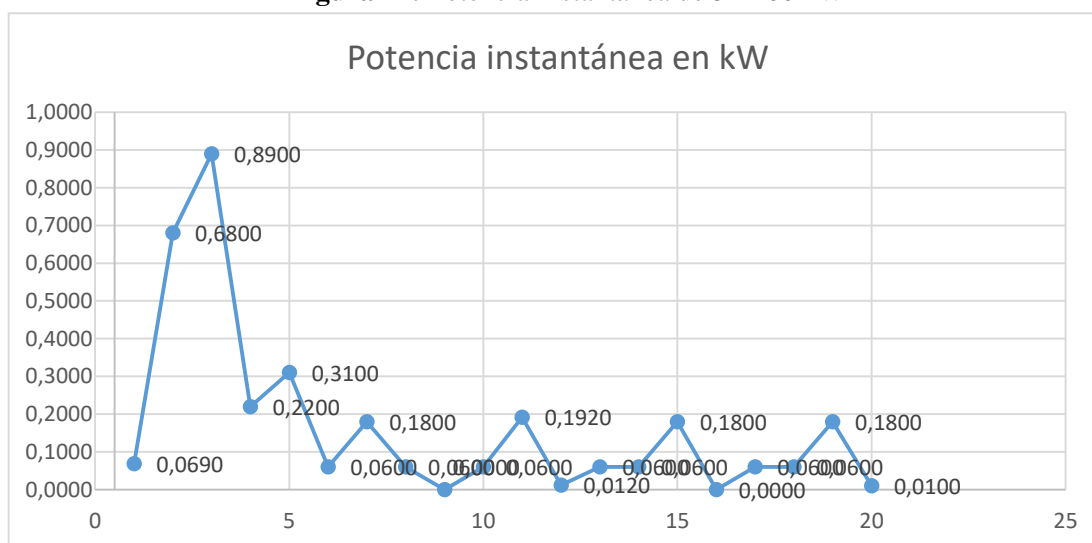
*Perfil de Carga entre 51 kW-h y 100 kW-h*

| HORA          | SUMINISTRO |       |       |       |       | PROMEDIO |
|---------------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|
|               | 1          | 2     | 3     | 4     | 5     |          |
| 07:01 - 07:30 | 0,000      | 0,072 | 0,012 | 0,092 | 0,169 | 0,0690   |
| 07:31 - 08:00 | 0,300      | 0,7   | 0,7   | 0,7   | 1,000 | 0,6800   |
| 08:01 - 08:30 | 1,000      | 0,3   | 0,3   | 1,85  | 1,000 | 0,8900   |
| 08:31 - 09:00 | 0,000      | 0     | 0     | 0,55  | 0,550 | 0,2200   |
| 09:01 - 09:30 | 0,000      | 0     | 1,55  | 0     | 0,000 | 0,3100   |
| 09:31 - 10:00 | 0,300      | 0     | 0     | 0     | 0,000 | 0,0600   |
| 10:01 - 10:30 | 0,000      | 0     | 0,3   | 0,3   | 0,300 | 0,1800   |
| 10:31 - 11:00 | 0,000      | 0,3   | 0     | 0     | 0,000 | 0,0600   |
| 11:01 - 11:30 | 0,000      | 0     | 0     | 0     | 0,000 | 0,0000   |
| 11:31 - 12:00 | 0,300      | 0     | 0     | 0     | 0,000 | 0,0600   |
| 12:01 - 12:30 | 0,060      | 0     | 0,3   | 0,3   | 0,300 | 0,1920   |
| 12:31 - 13:00 | 0,060      | 0     | 0     | 0     | 0,000 | 0,0120   |
| 13:01 - 13:30 | 0,000      | 0,3   | 0     | 0     | 0,000 | 0,0600   |
| 13:31 - 14:00 | 0,300      | 0     | 0     | 0     | 0,000 | 0,0600   |
| 14:01 - 14:30 | 0,000      | 0     | 0,3   | 0,3   | 0,300 | 0,1800   |
| 14:31 - 15:00 | 0,000      | 0     | 0     | 0     | 0,000 | 0,0000   |
| 15:01 - 15:30 | 0,000      | 0,3   | 0     | 0     | 0,000 | 0,0600   |
| 15:31 - 16:00 | 0,300      | 0     | 0     | 0     | 0,000 | 0,0600   |
| 16:01 - 16:30 | 0,000      | 0     | 0,3   | 0,3   | 0,300 | 0,1800   |
| 16:31 - 17:00 | 0,050      | 0     | 0     | 0     | 0,000 | 0,0100   |

Fuente: Elaboración propia

Potencia instantánea promedio (kW) requerida durante el día en suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h

**Figura 21:** Potencia Instantánea de 51-100 kW-h



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla (6) y la figura (13) respecto de los suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h; se observa que el requerimiento promedio de potencia máxima diaria en esta categoría es de 0,89 kW y se da en el horario de 08:01 a 08:30, el requerimiento mínimo es de 0,00 kW en horarios de 11:01 a 11:30 y 14:31 a 15:00.

#### 4.2.1.3 Consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.

Los suministros que se encuentran en este rango de consumo cuentan con el equipamiento de 2 televisores led de 32" y 40" las cuales son usadas generalmente en diferentes horarios del día y más en horas de la noche, 01 plancha usada extemporáneamente a veces una vez por semana por un tiempo máximo de 30 minutos, 1 lavadora que tan solamente lo usan los fines de semana por un tiempo de 4 horas aproximadamente, 1 horno microondas usadas por lo general a medio día cuyo tiempo de uso es de 10 minutos máximo, 01 refrigerador, 03 focos led que son usadas por un periodo de 6 horas durante las noches, 01 termotanque la cual entra en funcionamiento en horas de 11:00 a 13:00 hrs. Ya estos mantienen el agua caliente por un periodo de 24 horas según ficha técnica, 01 computadora y/o Laptop la cual hacen uso por un periodo de 4 a 5 horas por día y 03 celulares las cuales cargan en horas de la tarde.

En la tabla (7) mostramos un detallado de los artefactos y sus respectivas cargas con las que cuentan los clientes del rango de 101 kW-h y 150 kW-h así como sus respectivas potencias en (W) cabe precisar que dichas viviendas cuentan con 2 a 3 habitantes.

Se tomó una muestra de 5 suministros que se encuentran en esta categoría, los cuales nos facilitaron sus recibos de pagos mensuales, así como un detallado de los artefactos del cual pudimos obtener sus consumos, así como el requerimiento de energía promedio (kW-h) durante las horas de trabajo, en suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h

Requerimiento de energía promedio (kW-h) durante el día en suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h

**Tabla 7:***Consumo de energía entre 101 kW-h y 150 kW-h*

| HORA          | SUMINISTRO   |              |              |              |              | PROMEDIO     |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|               | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            |              |
| 07:01 - 07:30 | 0,052        | 0,0435       | 0,072        | 0,023        | 0,123        | 0,0627       |
| 07:31 - 08:00 | 0,003        | 0,2095       | 0,06         | 0,0245       | 0,122        | 0,0837       |
| 08:01 - 08:30 | 0,096        | 0,1095       | 0,12675      | 0,0745       | 0,342        | 0,14955      |
| 08:31 - 09:00 | 0,003        | 0            | 0,178        | 0,006        | 0,081        | 0,0536       |
| 09:01 - 09:30 | 0,003        | 0            | 0,003        | 0,256        | 0,081        | 0,0686       |
| 09:31 - 10:00 | 0,000        | 0,0225       | 0            | 0            | 0,075        | 0,0195       |
| 10:01 - 10:30 | 0,075        | 0,3725       | 0,06375      | 0,05         | 0,075        | 0,12725      |
| 10:31 - 11:00 | 0,275        | 0,0225       | 0            | 0            | 0,006        | 0,0607       |
| 11:01 - 11:30 | 0,600        | 0,6225       | 0,875        | 0,03         | 0,000        | 0,4255       |
| 11:31 - 12:00 | 0,775        | 0,6          | 0,6          | 0,63         | 0,000        | 0,521        |
| 12:01 - 12:30 | 0,675        | 0,675        | 0,66375      | 0,68         | 0,681        | 0,67495      |
| 12:31 - 13:00 | 0,600        | 0,6          | 0,6          | 0,63         | 1,125        | 0,711        |
| 13:01 - 13:30 | 0,000        | 0            | 0            | 0,03         | 0,275        | 0,061        |
| 13:31 - 14:00 | 0,000        | 0            | 0,003        | 0,03         | 0,006        | 0,0078       |
| 14:01 - 14:30 | 0,093        | 0,075        | 0,06675      | 0,05         | 0,075        | 0,07185      |
| 14:31 - 15:00 | 0,000        | 0            | 0,253        | 0            | 0,000        | 0,0506       |
| 15:01 - 15:30 | 0,000        | 0            | 0,003        | 0            | 0,006        | 0,0018       |
| 15:31 - 16:00 | 0,000        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0            |
| 16:01 - 16:30 | 0,075        | 0,075        | 0,06375      | 0,05         | 0,081        | 0,06895      |
| 16:31 - 17:00 | 0,000        | 0            | 0            | 0            | 0,000        | 0            |
| <b>TOTAL</b>  | <b>3,324</b> | <b>3,428</b> | <b>3,632</b> | <b>2,564</b> | <b>3,153</b> | <b>3,220</b> |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla (7) respecto de los suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h; se observa que el requerimiento de energía máxima diaria en esta categoría es de 3,632 kW-h, el requerimiento mínimo es de 2,564 kW-h y el promedio es de 3,220 kW-h. Asimismo, se observa que el mayor consumo se da en el horario de 12:01m a 12:30 pm teniendo un valor promedio de 0,67495kW-h.

Potencia instantánea promedio (kW) requerida durante el día en suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.

**Tabla 8:**

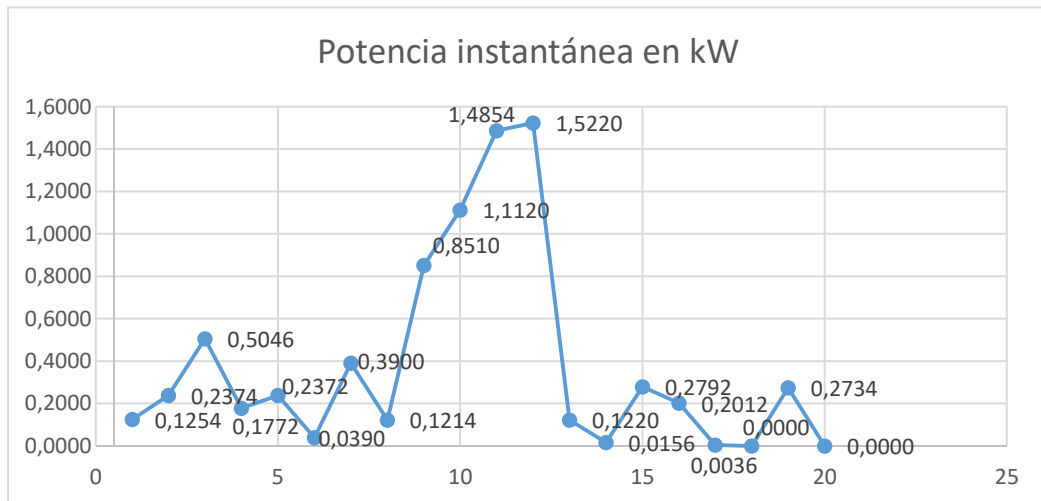
*Perfil de Carga entre 101 kW-h y 150 kW-h*

| HORA          | SUMINISTRO |       |       |       |       | PROMEDIO |
|---------------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|
|               | 1          | 2     | 3     | 4     | 5     |          |
| 07:01 - 07:30 | 0,104      | 0,087 | 0,144 | 0,046 | 0,246 | 0,1254   |
| 07:31 - 08:00 | 0,006      | 0,769 | 0,12  | 0,049 | 0,243 | 0,2374   |
| 08:01 - 08:30 | 0,341      | 0,369 | 0,381 | 0,249 | 1,183 | 0,5046   |
| 08:31 - 09:00 | 0,006      | 0     | 0,706 | 0,012 | 0,162 | 0,1772   |
| 09:01 - 09:30 | 0,006      | 0     | 0,006 | 1,012 | 0,162 | 0,2372   |
| 09:31 - 10:00 | 0,000      | 0,045 | 0     | 0     | 0,150 | 0,0390   |
| 10:01 - 10:30 | 0,300      | 0,895 | 0,255 | 0,2   | 0,300 | 0,3900   |
| 10:31 - 11:00 | 0,550      | 0,045 | 0     | 0     | 0,012 | 0,1214   |
| 11:01 - 11:30 | 1,200      | 1,245 | 1,75  | 0,06  | 0,000 | 0,8510   |
| 11:31 - 12:00 | 1,900      | 1,2   | 1,2   | 1,26  | 0,000 | 1,1120   |
| 12:01 - 12:30 | 1,500      | 1,5   | 1,455 | 1,46  | 1,512 | 1,4854   |
| 12:31 - 13:00 | 1,200      | 1,2   | 1,2   | 1,26  | 2,750 | 1,5220   |
| 13:01 - 13:30 | 0,000      | 0     | 0     | 0,06  | 0,550 | 0,1220   |
| 13:31 - 14:00 | 0,000      | 0     | 0,006 | 0,06  | 0,012 | 0,0156   |
| 14:01 - 14:30 | 0,335      | 0,3   | 0,261 | 0,2   | 0,300 | 0,2792   |
| 14:31 - 15:00 | 0,000      | 0     | 1,006 | 0     | 0,000 | 0,2012   |
| 15:01 - 15:30 | 0,000      | 0     | 0,006 | 0     | 0,012 | 0,0036   |
| 15:31 - 16:00 | 0,000      | 0     | 0     | 0     | 0,000 | 0,0000   |
| 16:01 - 16:30 | 0,300      | 0,3   | 0,255 | 0,2   | 0,312 | 0,2734   |
| 16:31 - 17:00 | 0,000      | 0     | 0     | 0     | 0,000 | 0,0000   |

Fuente: Elaboración propia

Potencia instantánea promedio (kW) requerida durante el día en suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.

**Figura 22:** Potencia Instantánea de 101-150 kW-h



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla (8) y la figura (14) respecto de los suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h; se observa que el requerimiento promedio de potencia máxima diaria en esta categoría es de 1,52 kW y se da en el horario de 12:30 a 13:00 y el requerimiento mínimo es de 0,00 kW en horario de 15:00 a 15:30, 15:31 a 16:00 y de 16:31 a 17:00.

#### **4.2.1.4 Consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.**

Los suministros que se encuentran en este rango de consumo cuentan con el equipamiento de 2 televisores led de 50" y 32" las cuales son usadas en las mañanas tardes y mayormente por las noches, 01 plancha la cual hacen uso los fines de semana por un periodo de 2 horas aproximadamente, 1 lavadora dándole uso en diferentes días de la semana por periodos de 1 a 2 horas, 1 horno microondas la cual hacen uso en horarios de la mañana y a medio día por tiempos de 5 a 10 minutos máximo, 01 refrigerador, 03 focos led de uso frecuente en horas de las mañanas y por las noches, 01 Termotanque la cual entra en funcionamiento entre las 11:00 a 13:00 Hrs. Ya que estos mantienen el agua caliente por un periodo de 24 Hrs para lo cual solo requiere de 1 hora de carga. 01 computadora y/o laptop la cual hacen uso por periodos largos de 4 a 6 horas por día y 04 celulares las cuales hacen uso por las tardes y las noches para su respectiva carga.

En la tabla (9) mostramos un detallado de los artefactos y sus respectivas cargas con las que cuentan los clientes del rango de 151 kW-h y 200 kW-h así como sus respectivas potencias en (W) cabe precisar que dichas viviendas cuentan con 3 a 5 habitantes.

Se tomó una muestra de 5 suministros que se encuentran en esta categoría, los cuales nos facilitaron sus recibos de pagos mensuales, así como un detallado de los artefactos del cual pudimos obtener sus consumos, así como el requerimiento de energía promedio (kW-h) durante las horas de trabajo, en suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.

Requerimiento de energía promedio (kW-h) durante el día en suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.



**Tabla 9:***Consumo de Energía 151 kW-h y 200 kW-h*

| HORA          | SUMINISTRO    |               |               |               |               | PROMEDIO      |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|               | 1             | 2             | 3             | 4             | 5             |               |
| 07:01 - 07:30 | 0,1285        | 0,2105        | 0,0860        | 0,0735        | 0,1300        | 0,1257        |
| 07:31 - 08:00 | 0,2950        | 0,2635        | 0,0480        | 0,0550        | 0,0250        | 0,1373        |
| 08:01 - 08:30 | 0,1200        | 0,0840        | 0,3875        | 0,1300        | 0,2640        | 0,1971        |
| 08:31 - 09:00 | 0,0450        | 0,2780        | 0,4500        | 0,2150        | 0,2640        | 0,2504        |
| 09:01 - 09:30 | 0,4875        | 0,2780        | 0,2500        | 0,2500        | 0,0060        | 0,2543        |
| 09:31 - 10:00 | 0,4875        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0060        | 0,0987        |
| 10:01 - 10:30 | 0,3875        | 0,0750        | 0,0750        | 0,0750        | 0,1275        | 0,1480        |
| 10:31 - 11:00 | 0,0295        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0525        | 0,0164        |
| 11:01 - 11:30 | 0,0295        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0525        | 0,0164        |
| 11:31 - 12:00 | 0,6175        | 0,6000        | 0,7500        | 0,6000        | 0,6525        | 0,6440        |
| 12:01 - 12:30 | 0,6750        | 0,9250        | 0,8250        | 0,6750        | 0,7275        | 0,7655        |
| 12:31 - 13:00 | 0,0000        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0000        | 0,3025        | 0,0605        |
| 13:01 - 13:30 | 0,0000        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0540        | 0,0525        | 0,0213        |
| 13:31 - 14:00 | 0,2575        | 0,0000        | 0,1215        | 0,0540        | 0,0375        | 0,0941        |
| 14:01 - 14:30 | 0,1775        | 0,0750        | 0,1965        | 0,3915        | 0,1125        | 0,1906        |
| 14:31 - 15:00 | 0,1025        | 0,0000        | 0,1215        | 0,0665        | 0,0375        | 0,0656        |
| 15:01 - 15:30 | 0,0950        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0940        | 0,0375        | 0,0453        |
| 15:31 - 16:00 | 0,0950        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0400        | 0,0375        | 0,0345        |
| 16:01 - 16:30 | 0,1525        | 0,0750        | 0,0750        | 0,1150        | 0,0750        | 0,0985        |
| 16:30 - 17:00 | 0,0775        | 0,0000        | 0,0000        | 0,0400        | 0,2750        | 0,0785        |
| <b>TOTAL</b>  | <b>4,2600</b> | <b>2,8640</b> | <b>3,3860</b> | <b>2,9285</b> | <b>3,2750</b> | <b>3,3427</b> |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla (9) respecto de los suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h; se observa que el requerimiento de energía máxima diaria en esta categoría es de 4,2600 kW-h, el requerimiento mínimo es de 2,8640 kW-h y el promedio es de 3,3427 kW-h. Asimismo, se observa que el mayor consumo se da en el horario de 12:00m a 12:30 pm teniendo un valor promedio de 0,7655kW-h.

Potencia instantánea promedio (kW) requerida durante el día en suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.

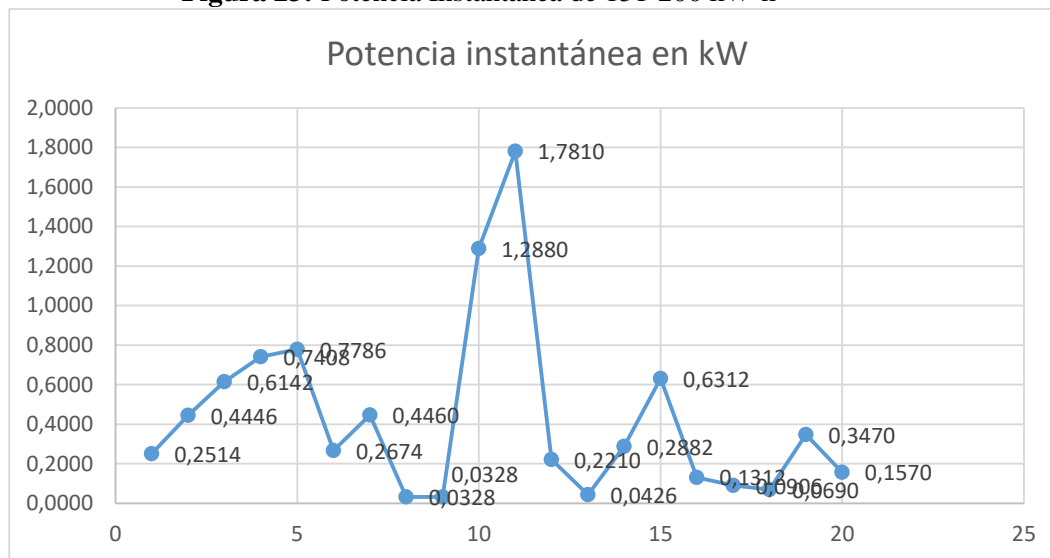
**Tabla 10:***Perfil de Carga entre 151 kW-h y 200kW-h*

| HORA          | SUMINISTRO |      |      |      |      | PROMEDIO |
|---------------|------------|------|------|------|------|----------|
|               | 1          | 2    | 3    | 4    | 5    |          |
| 07:01 - 07:30 | 0,26       | 0,42 | 0,17 | 0,15 | 0,26 | 0,25     |
| 07:31 - 08:00 | 1,09       | 0,88 | 0,10 | 0,11 | 0,05 | 0,44     |
| 08:01 - 08:30 | 0,39       | 0,32 | 0,93 | 0,41 | 1,03 | 0,61     |
| 08:31 - 09:00 | 0,09       | 0,56 | 1,25 | 0,78 | 1,03 | 0,74     |
| 09:01 - 09:30 | 1,33       | 0,56 | 1,00 | 1,00 | 0,01 | 0,78     |
| 09:31 - 10:00 | 1,33       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,27     |
| 10:01 - 10:30 | 0,93       | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,41 | 0,45     |
| 10:31 - 11:00 | 0,06       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,03     |
| 11:01 - 11:30 | 0,06       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,03     |
| 11:31 - 12:00 | 1,24       | 1,20 | 1,50 | 1,20 | 1,31 | 1,29     |
| 12:01 - 12:30 | 1,50       | 2,50 | 1,80 | 1,50 | 1,61 | 1,78     |
| 12:31 - 13:00 | 0,00       | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,11 | 0,22     |
| 13:01 - 13:30 | 0,00       | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,04     |
| 13:31 - 14:00 | 1,02       | 0,00 | 0,24 | 0,11 | 0,08 | 0,29     |
| 14:01 - 14:30 | 0,51       | 0,30 | 0,54 | 1,43 | 0,38 | 0,63     |
| 14:31 - 15:00 | 0,21       | 0,00 | 0,24 | 0,13 | 0,08 | 0,13     |
| 15:01 - 15:30 | 0,19       | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,08 | 0,09     |
| 15:31 - 16:00 | 0,19       | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,07     |
| 16:01 - 16:30 | 0,46       | 0,30 | 0,30 | 0,38 | 0,30 | 0,35     |
| 16:30 - 17:00 | 0,16       | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,55 | 0,16     |

Fuente: Elaboración propia

Potencia instantánea promedio (kW) requerida durante el día en suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.

**Figura 23:** Potencia Instantánea de 151-200 kW-h



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla 10 y la figura (15) respecto de los suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h; se observa que el requerimiento promedio de potencia máxima diaria en esta categoría es de 1,78 kW y se da en el horario de 12:00 a 12:30, el requerimiento mínimo es de 0,03 kW en horario de 10:30 a 11:30.

### 4.3 Características técnicas del sistema de generación eléctrica no convencional

#### 4.3.1 Suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.

##### 4.3.1.1 Diseño del sistema fotovoltaico.

- a. Para el diseño del sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica pública, en una vivienda dentro del presente rango, se consideró como referencia 5 viviendas residenciales básicas que se encuentran en un rango de 31 kW-h y 50 kW-h cuyas necesidades energéticas son mínimas.
- b. Para dimensionar el sistema fotovoltaico se tomó como indicador, suministros con un consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h en el distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco, con la selección de diferentes componentes que integran el sistema fotovoltaico, como se ve en la figura (24), teniendo en cuenta el total de consumo energético por día del sistema fotovoltaico como se indica en la tabla (3). Con los datos del Atlas-Global Solar, para cartografiar la radiación solar se pudo utilizar un factor de protección del 20% como se ve en la Figura (8).
- c. El promedio de consumo diario de potencia del sistema nos permitirá realizar el cálculo de la potencia requerida para el sistema fotovoltaico en suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h que es de

550 Wh/Día considerando un factor de corrección del 20%, podemos determinar la potencia de consumo diario corregido.

$$Pdc = Pcp \frac{Wh}{Dia} * Fc \quad (2)$$

$$Pdc = 550 \frac{Wh}{Dia} * 1.20$$

$$Pdc = 660 \frac{Wh}{Dia}$$

Donde:

Pdc: Potencia de Consumo Diario Corregido

Pcp: Potencia de consumo promedio

Fc: Factor de Corrección

- d. Para los cálculos de los módulos fotovoltaicos en el dimensionamiento del sistema, se seleccionó el módulo fotovoltaico de la marca Perc Eco Green de 450W de potencia y 24V Monocristalino de 144 celdas como se muestra en la figura (12), considerando su disponibilidad en el mercado nacional así como la ficha técnica a detalle en el anexo 2.

$$Pi(W) = ap(m2)*ih \quad (3)$$

$$Pi (W) = (2.102 \times 1.040)(m2) * 1000 (W/m2)$$

$$Pi (W) = 2186.08 W$$

Donde:

Pi(W): Potencia ideal

ap : área del panel (m2)

ih : irradiación hipotética

Teniendo conocimiento de las características de los paneles a utilizar podremos determinar la eficiencia del mismo.

$$E(\%) = \frac{Pnp (W)}{Pi (W)} * 100 \quad (4)$$

$$E(\%) = \frac{450 (W)}{2186.08 (W)} * 100$$

$$E (\%) = 20.585$$

Donde:

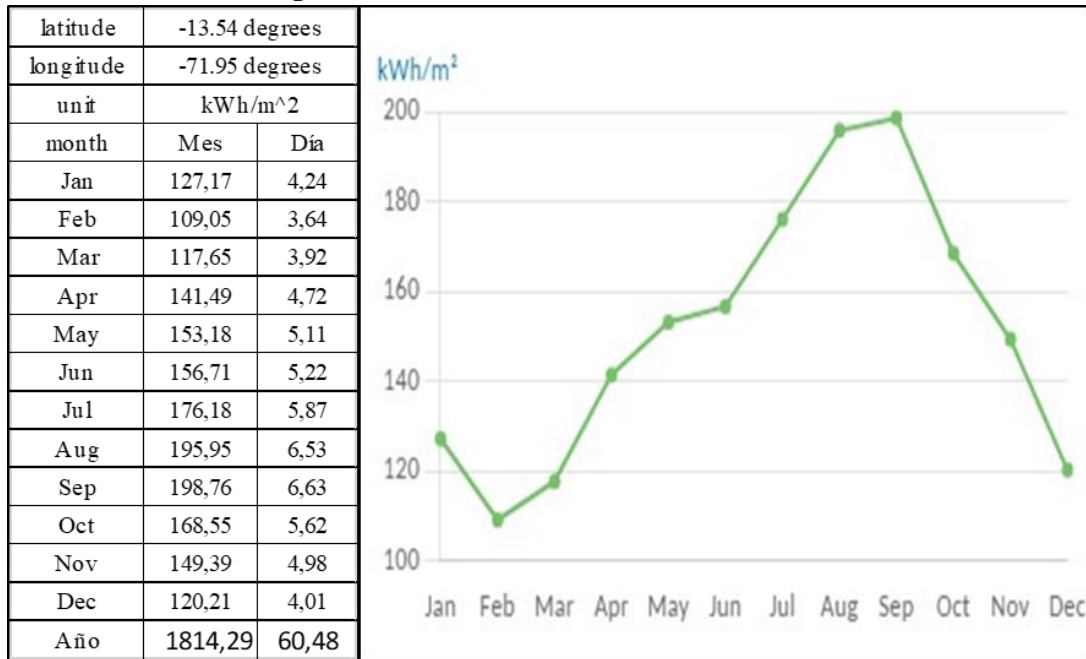
E : Eficiencia (%)

Pnp: Potencia nominal del panel (W)

Pi : Potencial ideal (W)

En el dimensionamiento del sistema fotovoltaico asumiremos la radiación mínima del lugar considerando la HSP tomado del Atlas-Global Solar, la cual nos brinda el promedio de la radiación diaria, del que tomaremos el valor mínimo que nos brinda, siendo este el mes de febrero con 3.64 kWh/m<sup>2</sup>, así como se muestra en la figura (24).

**Figura 24:** Radiación mínima entre 31-50 kW-h



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Atlas Solar Global

Teniendo conocimiento de las HSP con las cuales contamos podremos determinar la potencia fotovoltaica así como el número de paneles requeridos para el sistema.

$$P_f = \frac{P_{cdc}}{HSP} \quad (5),(2)$$

$$P_f = \frac{660 \text{ Wh}}{3.64h} = 181.31 \text{ W}$$

Donde:

P<sub>f</sub> : Potencia fotovoltaica

P<sub>cdc</sub> : Potencia de consumo diario corregido

HSP: Hora Solar Pico

$$N_p = \frac{P_f}{P_{pf}} \quad (6),(5)$$

$$N_p = \frac{181.31 \text{ W}}{450 \text{ W}} = 0.41 = 1$$

Donde:

$N_p$ : Numero de Paneles

$P_f$ : Potencia Fotovoltaica

$P_{pf}$ : Potencia del panel fotovoltaico

Para el sistema en estudio y con arreglo superior inmediato se requiere un módulo.

- e. Para la elección del inversor nos basaremos en las especificaciones técnicas considerando el voltaje del sistema fotovoltaico así como la demanda máxima, el voltaje de salida y la eficiencia del inversor.

|                                   |                                              |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| Voltaje de sistema ( $V_{sist}$ ) | 24 V DC                                      |
| Demanda máxima fotovoltaica       | 181.31 W                                     |
| Factor de demanda máxima          | 25 %                                         |
| Eficiencia de inversor            | 97.6 %                                       |
| Voltaje de salida                 | 220 V AC                                     |
| Demanda máxima corregido          | $181.31 \text{ W} * 1.25 = 226.64 \text{ W}$ |

Se eligió el inversor RED Growatt MIC 3000TL-X CON WIFI X monofásico que se muestra en la figura (13) el sobre dimensionamiento se debe a que para el proyecto se consideró la compra de un kit solar fotovoltaico y sus datos técnicos en el anexo 3.

#### 4.3.1.2 Balance de energía generada y adquirida de la red comercial en suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.

Tabla 11:

*Energía Generada y Adquirida de la red entre 31 kW-h y 50kW-h*

| HORA                           | POTENCIA GENERADA kW | POTENCIA REQUERIDA kW | POTENCIA ADQUIRIDA kW | ENERGÍA ADQUIRIDA kWh |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 07:01 - 07:30                  | 0,45                 | 0,0680                | 0,0000                | 0,000                 |
| 07:31 - 08:00                  | 0,45                 | 0,2824                | 0,0000                | 0,000                 |
| 08:01 - 08:30                  | 0,45                 | 0,5900                | 0,1400                | 0,070                 |
| 08:31 - 09:00                  | 0,45                 | 0,1310                | 0,0000                | 0,000                 |
| 09:01 - 09:30                  | 0,45                 | 0,2210                | 0,0000                | 0,000                 |
| 09:31 - 10:00                  | 0,45                 | 0,0210                | 0,0000                | 0,000                 |
| 10:01 - 10:30                  | 0,45                 | 0,1010                | 0,0000                | 0,000                 |
| 10:31 - 11:00                  | 0,45                 | 0,0210                | 0,0000                | 0,000                 |
| 11:01 - 11:30                  | 0,45                 | 0,0210                | 0,0000                | 0,000                 |
| 11:31 - 12:00                  | 0,45                 | 0,0000                | 0,0000                | 0,000                 |
| 12:01 - 12:30                  | 0,45                 | 0,0800                | 0,0000                | 0,000                 |
| 12:31 - 13:00                  | 0,45                 | 0,0000                | 0,0000                | 0,000                 |
| 13:01 - 13:30                  | 0,45                 | 0,0090                | 0,0000                | 0,000                 |
| 13:31 - 14:00                  | 0,45                 | 0,0090                | 0,0000                | 0,000                 |
| 14:01 - 14:30                  | 0,45                 | 0,0890                | 0,0000                | 0,000                 |
| 14:31 - 15:00                  | 0,45                 | 0,0090                | 0,0000                | 0,000                 |
| 15:01 - 15:30                  | 0,45                 | 0,0000                | 0,0000                | 0,000                 |
| 15:31 - 16:00                  | 0,45                 | 0,0000                | 0,0000                | 0,000                 |
| 16:01 - 16:30                  | 0,45                 | 0,0800                | 0,0000                | 0,000                 |
| 16:31 - 17:00                  | 0,45                 | 0,0000                | 0,0000                | 0,000                 |
| <b>TOTAL ENERGÍA ADQUIRIDA</b> |                      |                       |                       | <b>0,070</b>          |
| <b>TOTAL ENERGÍA REQUERIDA</b> |                      |                       |                       | <b>0,550</b>          |
| <b>TOTAL ENERGÍA GENERADA</b>  |                      |                       |                       | <b>0,480</b>          |

Fuente: Elaboración propia

En el Horario delimitado de mayor producción de energía entre las 07:01 y 17:00, rango horario elegido, se evidencia que el arreglo propuesto genera una energía de 0.480 kW, para satisfacer la demanda de energía requerida de 0.550 kW, consumiéndose efectivamente 0.070 kW de la energía comercial, lo que significa que el 87.27 % es cubierta por la energía generada y el 12.73 % se consume de la energía comercial.

#### 4.3.2 Suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.

##### 4.3.2.1 Diseño del sistema fotovoltaico.

- a. Para el diseño del sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica pública, en una vivienda dentro del presente rango, se consideró como referencia 5 viviendas residenciales básicas que se encuentran en un rango de 51 kW-h y 100 kW-h cuyas necesidades energéticas son regulares.

- b. Para dimensionar el sistema fotovoltaico se tomó como indicador, suministros con un consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h en el distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco, con la selección de diferentes componentes que integran el sistema fotovoltaico, como se ve en la Figura (25), teniendo en cuenta el total de consumo energético por día del sistema fotovoltaico como se indica en la tabla (5). Con los datos del Atlas-Global Solar, para cartografiar la radiación solar se pudo utilizar un factor de protección del 20% como se ve en la Figura (8).
- c. El promedio de consumo diario de potencia del sistema nos permitirá realizar el cálculo de la potencia requerida para el sistema fotovoltaico en suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h que es de 890 Wh/Día considerando un factor de corrección del 20%, podemos determinar la potencia de consumo diario corregido.

$$Pdc = Pcp \frac{Wh}{Dia} * Fc \quad (7)$$

$$Pcc = 990 \frac{Wh}{Dia} * 1.20$$

$$Pcc = 1188 \frac{Wh}{Dia}$$

Donde:

Pdc: Potencia de Consumo Diario Corregido

Pcp: Potencia de consumo promedio

Fc : Factor de Corrección

- d. Para los cálculos de los módulos fotovoltaicos en el dimensionamiento del sistema, se seleccionó el módulo fotovoltaico de la marca Perc Eco Green de 450W de potencia y 24V Monocrystalino de 144 celdas como se muestra en la figura (12), considerando su disponibilidad en el mercado nacional así como la ficha técnica a detalle en el anexo 2.

$$Pi(W) = ap(m2)*ih \quad (8)$$

$$Pi(W) = (2.102 \times 1.040)(m2) * 1000 (W/m2)$$

$$Pi (W) = 2186.08 W$$

Donde:

Pi(W): Potencia ideal

ap : área del panel (m2)

ih : irradiación hipotética

Teniendo conocimiento de las características de los paneles a utilizar podremos determinar la eficiencia del mismo.



$$E(\%) = \frac{P_{np} (W)}{P_i (W)} * 100 \quad (9)$$

$$E(\%) = \frac{450 (W)}{2186.08 (W)} * 100$$

$$E (\%) = 20.585$$

Donde:

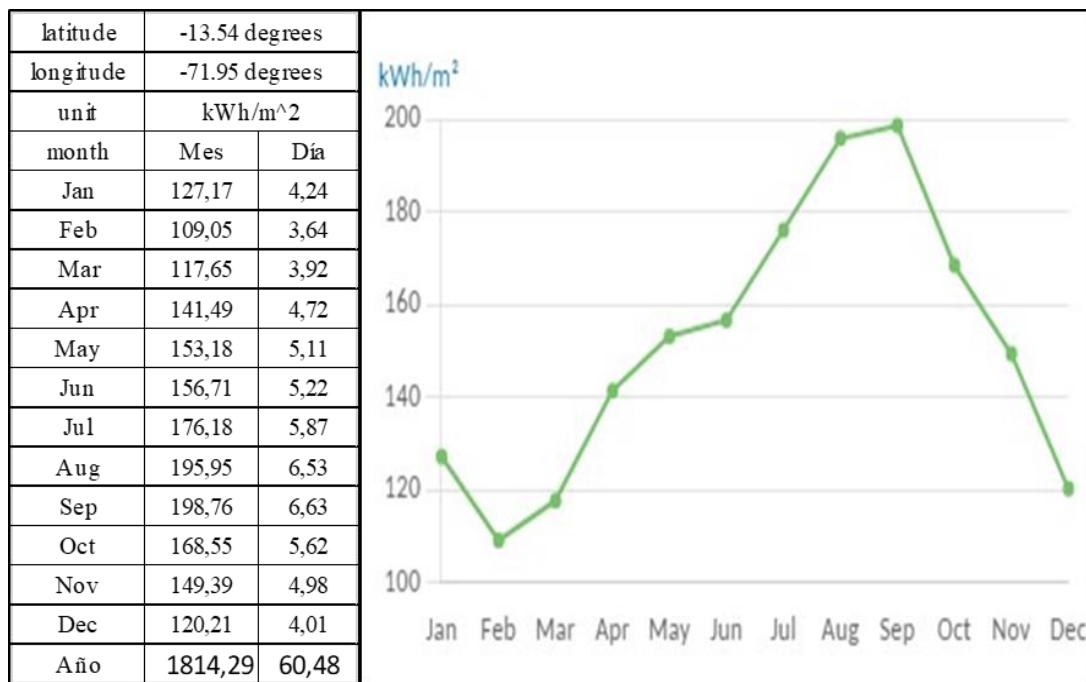
E : Eficiencia (%)

P<sub>np</sub>: Potencia nominal del panel (W)

P<sub>i</sub> : Potencial ideal (W)

En el dimensionamiento del sistema fotovoltaico asumiremos la radiación mínima del lugar considerando la HSP tomado del Atlas-Global Solar, la cual nos brinda el promedio de la radiación diaria, del que tomaremos el valor mínimo que nos brinda, siendo este el mes de febrero con 3.64 kWh/m<sup>2</sup>, así como se muestra en la figura (25).

**Figura 25:** Radiación mínima entre 51-100 kW-h



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Atlas Solar Global

Teniendo conocimiento de las HSP con las cuales contamos podremos determinar la potencia fotovoltaica así como el número de paneles requeridos para el sistema.

$$Pf = \frac{Pcdc}{HSP} \quad (10),(2)$$

$$Pf = \frac{1188 \text{ Wh}}{3.64h} = 326.37 \text{ W}$$

Donde:

Pf : Potencia fotovoltaica

Pdc : Potencia de consumo diario corregido

HSP: Hora Solar Pico

$$Np = \frac{Pf}{Ppf} \quad (11),(5)$$

$$Np = \frac{326.37 \text{ W}}{450 \text{ W}} = 0.73 = 1$$

Donde:

Np: Numero de Paneles

Pf: Potencia Fotovoltaica

Ppf: Potencia del panel fotovoltaico

Para el sistema en estudio y con arreglo superior inmediato se requiere un módulo.

- e. Para la elección del inversor nos basaremos en las especificaciones técnicas considerando el voltaje del sistema fotovoltaico así como la demanda máxima, el voltaje de salida y la eficiencia del inversor.

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Voltaje de sistema (Vsist)  | 24 V DC                    |
| Demanda máxima fotovoltaica | 326.37 W                   |
| Factor de demanda máxima    | 25 %                       |
| Eficiencia de inversor      | 97.6 %                     |
| Voltaje de salida           | 220 V AC                   |
| Demanda máxima corregido    | 326.37 W * 1.25 = 407.96 W |

Se seleccionó el inversor RED Growatt MIC 3000TL-X CON WIFI X monofásico que se muestra en la figura (13) el sobre dimensionamiento se debe a que para el proyecto se consideró la compra de un kit solar fotovoltaico y sus datos técnicos en el anexo 3.

#### 4.3.2.2 Balance de energía generada y adquirida de la red comercial en suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.

**Tabla 12:**

*Energía Generada y Adquirida de la red entre 51 kW-h y 100 kW-h*

| HORA                           | POTENCIA GENERADA kW | POTENCIA REQUERIDA kW | POTENCIA ADQUIRIDA kW | ENERGÍA ADQUIRIDA kWh |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 07:01 - 07:30                  | 0,45                 | 0,0690                | 0,0000                | 0,000                 |
| 07:31 - 08:00                  | 0,45                 | 0,6800                | 0,2300                | 0,115                 |
| 08:01 - 08:30                  | 0,45                 | 0,8900                | 0,4400                | 0,220                 |
| 08:31 - 09:00                  | 0,45                 | 0,2200                | 0,0000                | 0,000                 |
| 09:01 - 09:30                  | 0,45                 | 0,3100                | 0,0000                | 0,000                 |
| 09:31 - 10:00                  | 0,45                 | 0,0600                | 0,0000                | 0,000                 |
| 10:01 - 10:30                  | 0,45                 | 0,1800                | 0,0000                | 0,000                 |
| 10:31 - 11:00                  | 0,45                 | 0,0600                | 0,0000                | 0,000                 |
| 11:01 - 11:30                  | 0,45                 | 0,0000                | 0,0000                | 0,000                 |
| 11:31 - 12:00                  | 0,45                 | 0,0600                | 0,0000                | 0,000                 |
| 12:01 - 12:30                  | 0,45                 | 0,1920                | 0,0000                | 0,000                 |
| 12:31 - 13:00                  | 0,45                 | 0,0120                | 0,0000                | 0,000                 |
| 13:01 - 13:30                  | 0,45                 | 0,0600                | 0,0000                | 0,000                 |
| 13:31 - 14:00                  | 0,45                 | 0,0600                | 0,0000                | 0,000                 |
| 14:01 - 14:30                  | 0,45                 | 0,1800                | 0,0000                | 0,000                 |
| 14:31 - 15:00                  | 0,45                 | 0,0000                | 0,0000                | 0,000                 |
| 15:01 - 15:30                  | 0,45                 | 0,0600                | 0,0000                | 0,000                 |
| 15:31 - 16:00                  | 0,45                 | 0,0600                | 0,0000                | 0,000                 |
| 16:01 - 16:30                  | 0,45                 | 0,1800                | 0,0000                | 0,000                 |
| 16:31 - 17:00                  | 0,45                 | 0,0100                | 0,0000                | 0,000                 |
| <b>TOTAL ENERGÍA ADQUIRIDA</b> |                      |                       |                       | 0,335                 |
| <b>TOTAL ENERGÍA REQUERIDA</b> |                      |                       |                       | 0,990                 |
| <b>TOTAL ENERGÍA GENERADA</b>  |                      |                       |                       | 0,655                 |

Fuente: Elaboración propia

En el Horario delimitado de mayor producción de energía entre las 07:01 y 17:00, rango horario elegido se evidencia que el arreglo propuesto genera una energía de 0.655 kW, para satisfacer la demanda de energía requerida de 0.990 kW, evidenciándose un consumo de 0.335 kW de energía comercial, lo que significa que el 66.16% y el 33.8% se consume de la energía comercial.

#### 4.3.3 Suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.

##### 4.3.3.1 Diseño del sistema fotovoltaico.

- a. Para el diseño del sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica pública, en una vivienda dentro del presente rango, se consideró como

referencia 5 viviendas residenciales básicas que se encuentran en un rango de 101 kW-h y 150 kW-h cuyas necesidades energéticas son regulares.

- b.** Para dimensionar el sistema fotovoltaico se tomó como indicador, suministros con un consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h en el distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco, con la selección de diferentes componentes que integran el sistema fotovoltaico, como se ve en la figura (26), teniendo en cuenta el total de consumo energético por día del sistema fotovoltaico como se indica en la tabla (7). Con los datos del Atlas-Global Solar, para cartografiar la radiación solar se pudo utilizar un factor de protección del 20% como se ve en la Figura (8).
- c.** El promedio de consumo diario de potencia del sistema nos permitirá realizar el cálculo de la potencia requerida para el sistema fotovoltaico en suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h es de 3220 Wh/Día considerando un factor de corrección del 20%, podemos determinar la potencia de consumo diario corregido.

$$P_{dc} = P_{cp} \frac{Wh}{Dia} * Fc \quad (12)$$

$$P_{cc} = 3220 \frac{Wh}{Dia} * 1.20$$

$$P_{cc} = 3864 \frac{Wh}{Dia}$$

Donde:

P<sub>dc</sub>: Potencia de Consumo Diario Corregido

P<sub>cp</sub>: Potencia de consumo promedio

F<sub>c</sub> : Factor de Corrección

- d.** Para los cálculos de los módulos fotovoltaicos en el dimensionamiento del sistema, se seleccionó el módulo fotovoltaico de la marca Perc Eco Green de 450W de potencia y 24V Monocrystalino de 144 celdas como se muestra en la figura (12) considerando su disponibilidad en el mercado nacional así como la ficha técnica a detalle en el anexo 2.

$$P_i(W) = a_p(m^2) * i_h \quad (13)$$

$$P_i(W) = (2.102 \times 1.040)(m^2) * 1000 (W/m^2)$$

$$P_i(W) = 2186.08 W$$

Donde:

Pi(W): Potencia ideal

ap : área del panel (m2)

ih : irradiación hipotética

Teniendo conocimiento de las características de los paneles a utilizar podremos determinar la eficiencia del mismo.

$$E(\%) = \frac{P_{np} (W)}{P_i (W)} * 100 \quad (14)$$

$$E (\%) = \frac{450 (W)}{2186.08 (W)} * 100$$

$$E (\%) = 20.585$$

Donde:

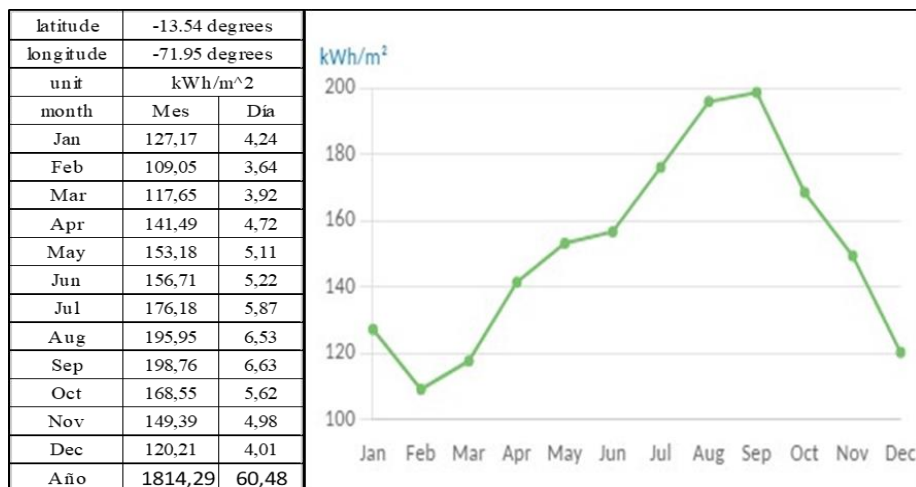
E : Eficiencia (%)

Pnp : Potencia nominal del panel(W)

Pi : Potencial ideal (W)

En el dimensionamiento del sistema fotovoltaico asumiremos la radiación mínima del lugar considerando la HSP tomado del Atlas-Global Solar, la cual nos brinda el promedio de la radiación diaria, del que tomaremos el valor mínimo que nos brinda, siendo este el mes de febrero con 3.64 kWh/m2, así como se muestra en la figura (26).

**Figura 26:** Radiación mínima entre 101-150 kW-h



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Atlas Solar Global

Teniendo conocimiento de las HSP con las cuales contamos podremos determinar la potencia fotovoltaica así como el número de paneles requeridos para el sistema.

$$Pf = \frac{Pcdc}{HSP} \quad (15),(2)$$

$$Pf = \frac{3864 \text{ Wh}}{3.64h} = 1061.54 \text{ W}$$

Donde:

Pf : Potencia fotovoltaica

Pdc : Potencia de consumo diario corregido

HSP: Hora Solar Pico

$$Np = \frac{Pf}{Ppf} \quad (16),(5)$$

$$Np = \frac{1061.54 \text{ W}}{450 \text{ W}} = 2.359 = 3$$

Donde:

Np: Número de Paneles

Pf: Potencia Fotovoltaica

Ppf: Potencia del panel fotovoltaico

Para el sistema en estudio y con arreglo superior inmediato se requiere 3 módulos.

- e. Para la elección del inversor nos basaremos en las especificaciones técnicas considerando el voltaje del sistema fotovoltaico así como la demanda máxima, el voltaje de salida y la eficiencia del inversor.

Voltaje de sistema (Vsist)      24 V DC

Demanda máxima fotovoltaica    1061.54 W

Factor de demanda máxima      25 %

Eficiencia de inversor          97.6 %

Voltaje de salida                  220 V AC

Demanda máxima corregido      1061.54 W \* 1.25 = 1326.93 W

Se seleccionó el inversor RED Growatt MIC 3000TL-X CON WIFI

X monofásico que se muestra en la figura (13) el sobre dimensionamiento se

debe a que para el proyecto se consideró la compra de un kit solar fotovoltaico y sus datos técnicos en el anexo 3.

#### 4.3.3.2 Balance de energía generada y adquirida de la red comercial en suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.

**Tabla 13:**  
*Energía Generada y Adquirida de la red entre 101 kW-h y 150 kW-h*

| HORA                           | POTENCIA GENERADA<br>kW | POTENCIA REQUERIDA<br>kW | POTENCIA ADQUIRIDA<br>kW | ENERGÍA ADQUIRIDA<br>kWh |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 07:01 - 07:30                  | 1,35                    | 0,1254                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 07:31 - 08:00                  | 1,35                    | 0,2374                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 08:01 - 08:30                  | 1,35                    | 0,5046                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 08:31 - 09:00                  | 1,35                    | 0,1772                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 09:01 - 09:30                  | 1,35                    | 0,2372                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 09:31 - 10:00                  | 1,35                    | 0,0390                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 10:01 - 10:30                  | 1,35                    | 0,3900                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 10:31 - 11:00                  | 1,35                    | 0,1214                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 11:01 - 11:30                  | 1,35                    | 0,8510                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 11:31 - 12:00                  | 1,35                    | 1,1120                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 12:01 - 12:30                  | 1,35                    | 1,4854                   | 0,1354                   | 0,068                    |
| 12:31 - 13:00                  | 1,35                    | 1,5220                   | 0,1720                   | 0,086                    |
| 13:01 - 13:30                  | 1,35                    | 0,1220                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 13:31 - 14:00                  | 1,35                    | 0,0156                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 14:01 - 14:30                  | 1,35                    | 0,2792                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 14:31 - 15:00                  | 1,35                    | 0,2012                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 15:01 - 15:30                  | 1,35                    | 0,0036                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 15:31 - 16:00                  | 1,35                    | 0,0000                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 16:01 - 16:30                  | 1,35                    | 0,2734                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 16:31 - 17:00                  | 1,35                    | 0,0000                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| <b>TOTAL ENERGÍA ADQUIRIDA</b> |                         |                          |                          | <b>0,154</b>             |
| <b>TOTAL ENERGÍA REQUERIDA</b> |                         |                          |                          | <b>3,220</b>             |
| <b>TOTAL ENERGÍA GENERADA</b>  |                         |                          |                          | <b>3,066</b>             |

Fuente: Elaboración propia

En el Horario delimitado de mayor producción de energía entre las 07:01 y 17:00, rango horario elegido, se evidencia que el arreglo propuesto genera una energía de 3.066 kW, para satisfacer la demanda de energía requerida de 3,220 kW, consumiéndose efectivamente 0,154 kW de energía comercial, lo que significa que el 95.22% es cubierta por la energía generada en la propuesta y el 4.78% se consume de la energía comercial.

#### 4.3.4 Suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.

##### 4.3.4.1 Diseño del sistema fotovoltaico.

- a. Para el diseño del sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica pública, en una vivienda dentro del presente rango, se consideró como referencia 5 viviendas residenciales básicas que se encuentran en un rango de 151 kW-h y 200 kW-h cuyas necesidades energéticas son altas.
- b. Para dimensionar el sistema fotovoltaico se tomó como indicador, suministros con un consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h en el distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco, con la selección de diferentes componentes que integran el sistema fotovoltaico, como se ve en la figura (27), teniendo en cuenta el total de consumo energético por día del sistema fotovoltaico como se indica en la tabla (9). Con los datos del Atlas-Global Solar, para cartografiar la radiación solar se pudo utilizar un factor de protección del 20 % como se ve en la Figura (8).
- c. El promedio de consumo diario de potencia del sistema nos permitirá realizar el cálculo de la potencia requerida para el sistema fotovoltaico en suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h es de 3342 Wh/Día considerando un factor de corrección del 20%, podemos determinar la potencia de consumo diario corregido.

$$Pdc = Pcp \frac{Wh}{Dia} * Fc \quad (17)$$

$$Pcc = 3342 \frac{Wh}{Dia} * 1.20$$

$$Pcc = 3890.4 \frac{Wh}{Dia}$$

Donde:

Pdc: Potencia de Consumo Diario Corregido

Pcp: Potencia de consumo promedio

Fc : Factor de Corrección

- d. Para los cálculos de los módulos fotovoltaicos en el dimensionamiento del sistema, se seleccionó el módulo fotovoltaico de la marca Perc Eco Green de 450W de potencia y 24V Monocristalino de 144 celdas como se muestra en la figura (12), considerando su disponibilidad en el mercado nacional así como la ficha técnica a detalle en el anexo 2.

$$Pi(W) = ap(m2)*ih \quad (18)$$

$$Pi (W) = (2.102 \times 1.040)(m2) * 1000 (W/m2)$$

$$Pi (W) = 2186.08 W$$



Donde:

Pi(W): Potencia ideal

ap : área del panel (m2)

ih : irradiación hipotética

Teniendo conocimiento de las características de los paneles a utilizar podremos determinar la eficiencia del mismo.

$$E(\%) = \frac{P_{np} (W)}{P_i (W)} * 100 \quad (19)$$

$$E(\%) = \frac{450 (W)}{2186.08 (W)} * 100$$

$$E (\%) = 20.585$$

Donde:

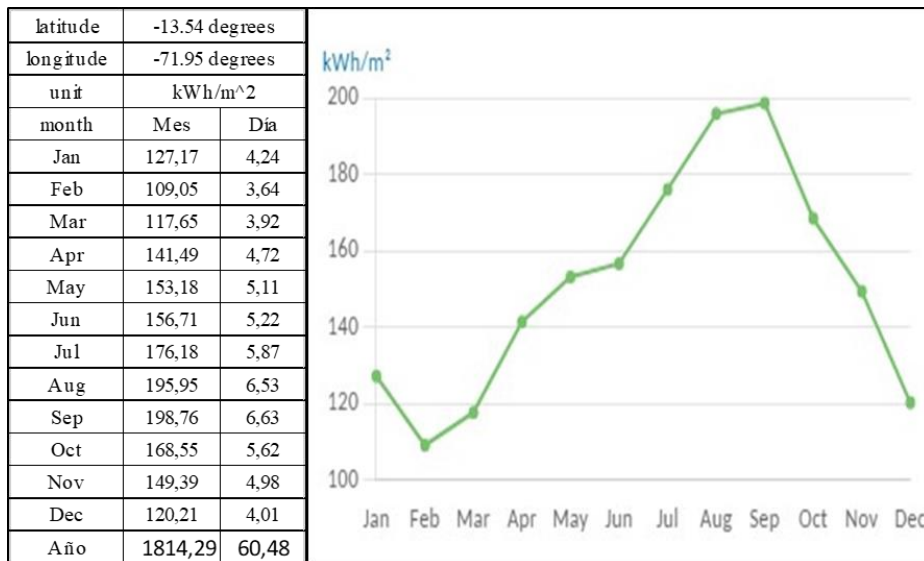
E : Eficiencia (%)

Pnp: Potencia nominal del panel (W)

Pi : Potencial ideal (W)

En el dimensionamiento del sistema fotovoltaico asumiremos la radiación mínima del lugar considerando la HSP tomado del Atlas-Global Solar, la cual nos brinda el promedio de la radiación diaria, del que tomaremos el valor mínimo que nos brinda, siendo este el mes de febrero con 3.64 kWh/m2, así como se muestra en la figura (27).

**Figura 27:** Radiación mínima entre 151-200 kW-h



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Atlas Solar Global

Teniendo conocimiento de las HSP con las cuales contamos podremos determinar la potencia fotovoltaica así como el número de paneles requeridos para el sistema.

$$Pf = \frac{Pcdc}{HSP} \quad (20),(2)$$

$$Pf = \frac{3890.4 \text{ Wh}}{3.64h} = 1068.79 \text{ W}$$

Donde:

Pf : Potencia fotovoltaica

Pdc : Potencia de consumo diario corregido

HSP: Hora Solar Pico

$$Np = \frac{Pf}{Ppf} \quad (21),(5)$$

$$Np = \frac{1068.79 \text{ W}}{450 \text{ W}} = 2.375 = 3$$

Donde:

Np : Número de Paneles

Pf : Potencia Fotovoltaica

Ppf: Potencia del panel fotovoltaico

Para el sistema en estudio y con arreglo superior inmediato se requiere un módulo.

- f. Para la elección del inversor nos basaremos en las especificaciones técnicas considerando el voltaje del sistema fotovoltaico así como la demanda máxima, el voltaje de salida y la eficiencia del inversor.

|                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| Voltaje de sistema (Vsist)  | 24 V DC                      |
| Demanda máxima fotovoltaica | 1068.79 W                    |
| Factor de demanda máxima    | 25 %                         |
| Eficiencia de inversor      | 97.6 %                       |
| Voltaje de salida           | 220 V AC                     |
| Demanda máxima corregido    | 1068.79 W * 1.25 = 1335.99 W |

Se seleccionó el inversor RED Growatt MIC 3000TL-X CON WIFI X monofásico que se muestra en la figura (13) el sobre dimensionamiento se debe a que para el proyecto se consideró la compra de un kit solar fotovoltaico y sus datos técnicos en el anexo 3.

#### 4.3.4.2 Balance de energía generada y adquirida de la red comercial en suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.

**Tabla 14:**

*Energía generada y adquirida de la red entre 151 kW-h y 200 kW-h*

| HORA                           | POTENCIA GENERADA<br>kW | POTENCIA REQUERIDA<br>kW | POTENCIA ADQUIRIDA<br>kW | ENERGÍA ADQUIRIDA<br>kWh |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 07:01 - 07:30                  | 1,35                    | 0,2514                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 07:31 - 08:00                  | 1,35                    | 0,4446                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 08:01 - 08:30                  | 1,35                    | 0,6142                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 08:31 - 09:00                  | 1,35                    | 0,7408                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 09:01 - 09:30                  | 1,35                    | 0,7786                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 09:31 - 10:00                  | 1,35                    | 0,2674                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 10:01 - 10:30                  | 1,35                    | 0,4460                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 10:31 - 11:00                  | 1,35                    | 0,0328                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 11:01 - 11:30                  | 1,35                    | 0,0328                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 11:31 - 12:00                  | 1,35                    | 1,2880                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 12:01 - 12:30                  | 1,35                    | 1,7810                   | 0,4310                   | 0,216                    |
| 12:31 - 13:00                  | 1,35                    | 0,2210                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 13:01 - 13:30                  | 1,35                    | 0,0426                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 13:31 - 14:00                  | 1,35                    | 0,2882                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 14:01 - 14:30                  | 1,35                    | 0,6312                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 14:31 - 15:00                  | 1,35                    | 0,1312                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 15:01 - 15:30                  | 1,35                    | 0,0906                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 15:31 - 16:00                  | 1,35                    | 0,0690                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 16:01 - 16:30                  | 1,35                    | 0,3470                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| 16:30 - 17:00                  | 1,35                    | 0,1570                   | 0,0000                   | 0,000                    |
| <b>TOTAL ENERGÍA ADQUIRIDA</b> |                         |                          |                          | <b>0,216</b>             |
| <b>TOTAL ENERGÍA REQUERIDA</b> |                         |                          |                          | <b>3,343</b>             |
| <b>TOTAL ENERGÍA GENERADA</b>  |                         |                          |                          | <b>3,127</b>             |

Fuente: Elaboración propia

En el horario delimitado de mayor producción de energía entre las 07:01 y 17:00, rango horario elegido se evidencia que el arreglo propuesto genera una energía de 3,127 kW, para satisfacer la demanda de energía requerida de 3.343 kW, consumiendo efectivamente 0.216 kW de energía comercial, lo que significa que el 93,54% cubre la energía generada en la propuesta y el 6,46% se consume de la energía comercial.

#### 4.4 Características económicas

##### 4.4.1 Suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.

**Tabla 15:**

*Análisis económico de consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h*

| MES               | Días       | Energía Generada | ANTES DE LOS PANELES |             |              | DESPUÉS           |             |              |
|-------------------|------------|------------------|----------------------|-------------|--------------|-------------------|-------------|--------------|
|                   |            |                  | Energía Adquirida    | Costo Unit. | Costo Total  | Energía Adquirida | Costo Unit. | Costo Total  |
| <b>Enero</b>      | 31         | 14,9             | 48,7                 | 0,860       | 41,8         | 33,8              | 0,76        | <b>25,7</b>  |
| <b>Febrero</b>    | 28         | 13,4             | 43,9                 | 0,860       | 37,8         | 30,5              | 0,76        | <b>23,2</b>  |
| <b>Marzo</b>      | 31         | 14,9             | 48,7                 | 0,860       | 41,8         | 33,8              | 0,76        | <b>25,7</b>  |
| <b>Abril</b>      | 30         | 14,4             | 47,1                 | 0,860       | 40,5         | 32,7              | 0,76        | <b>24,8</b>  |
| <b>Mayo</b>       | 31         | 14,9             | 48,7                 | 0,860       | 41,8         | 33,8              | 0,76        | <b>25,7</b>  |
| <b>Junio</b>      | 30         | 14,4             | 47,1                 | 0,860       | 40,5         | 32,7              | 0,76        | <b>24,8</b>  |
| <b>Julio</b>      | 31         | 14,9             | 48,7                 | 0,860       | 41,8         | 33,8              | 0,76        | <b>25,7</b>  |
| <b>Agosto</b>     | 31         | 14,9             | 48,7                 | 0,860       | 41,8         | 33,8              | 0,76        | <b>25,7</b>  |
| <b>Septiembre</b> | 30         | 14,4             | 47,1                 | 0,860       | 40,5         | 32,7              | 0,76        | <b>24,8</b>  |
| <b>Octubre</b>    | 31         | 14,9             | 48,7                 | 0,860       | 41,8         | 33,8              | 0,76        | <b>25,7</b>  |
| <b>Noviembre</b>  | 30         | 14,4             | 47,1                 | 0,860       | 40,5         | 32,7              | 0,76        | <b>24,8</b>  |
| <b>Diciembre</b>  | 31         | 14,9             | 48,7                 | 0,860       | 41,8         | 33,8              | 0,76        | <b>25,7</b>  |
| <b>Anual</b>      | <b>365</b> | <b>175,1</b>     | <b>572,8</b>         |             | <b>492,6</b> | <b>397,7</b>      |             | <b>302,3</b> |

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis económico mostrado en la tabla (15) para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h, podemos apreciar que la energía adquirida de la red antes de la implementación del sistema de generación fotovoltaico es de 572,8 kW-h al año con un costo unitario de S/ 0,860 por kW-h; al implementar el sistema propuesto se tiene 175.1 kW-h de energía generada al año, por lo tanto, la energía adquirida de la red es 397.7 kW-h por año con un costo unitario de S/ 0,760 por kW-h; este costo unitario menor se debe a que como el consumo de la red es mucho menor, el suministro se ubica en un rango inferior dentro del pliego tarifario.

#### 4.4.2 Suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.

**Tabla 16:**

*Análisis económico de consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h*

| MES               | Días       | Energía Generada | ANTES DE LOS PANELES |             |              | DESPUÉS           |             |              |
|-------------------|------------|------------------|----------------------|-------------|--------------|-------------------|-------------|--------------|
|                   |            |                  | Energía Adquirida    | Costo Unit. | Costo Total  | Energía Adquirida | Costo Unit. | Costo Total  |
| <b>Enero</b>      | 31         | 20,3             | 70,0                 | 0,860       | 60,2         | 49,7              | 0,76        | 37,8         |
| <b>Febrero</b>    | 28         | 18,3             | 63,2                 | 0,860       | 54,4         | 44,9              | 0,76        | 34,1         |
| <b>Marzo</b>      | 31         | 20,3             | 70,0                 | 0,860       | 60,2         | 49,7              | 0,76        | 37,8         |
| <b>Abril</b>      | 30         | 19,6             | 67,7                 | 0,860       | 58,2         | 48,1              | 0,76        | 36,5         |
| <b>Mayo</b>       | 31         | 20,3             | 70,0                 | 0,860       | 60,2         | 49,7              | 0,76        | 37,8         |
| <b>Junio</b>      | 30         | 19,6             | 67,7                 | 0,860       | 58,2         | 48,1              | 0,76        | 36,5         |
| <b>Julio</b>      | 31         | 20,3             | 70,0                 | 0,860       | 60,2         | 49,7              | 0,76        | 37,8         |
| <b>Agosto</b>     | 31         | 20,3             | 70,0                 | 0,860       | 60,2         | 49,7              | 0,76        | 37,8         |
| <b>Septiembre</b> | 30         | 19,6             | 67,7                 | 0,860       | 58,2         | 48,1              | 0,76        | 36,5         |
| <b>Octubre</b>    | 31         | 20,3             | 70,0                 | 0,860       | 60,2         | 49,7              | 0,76        | 37,8         |
| <b>Noviembre</b>  | 30         | 19,6             | 67,7                 | 0,860       | 58,2         | 48,1              | 0,76        | 36,5         |
| <b>Diciembre</b>  | 31         | 20,3             | 70,0                 | 0,860       | 60,2         | 49,7              | 0,76        | 37,8         |
| <b>Anual</b>      | <b>365</b> | <b>238,9</b>     | <b>824,0</b>         |             | <b>708,6</b> | <b>585,1</b>      |             | <b>444,6</b> |

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis económico mostrado en la tabla (16) para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h, podemos apreciar que la energía adquirida de la red antes de la implementación del sistema de generación fotovoltaico es de 824,0 kW-h al año con un costo unitario de S/ 0,860 por kW-h; al implementar el sistema propuesto se tiene 238,9 kW-h de energía generada al año, por lo tanto, la energía adquirida de la red es 585,1 kW-h por año con un costo unitario de S/ 0,760 por kW-h; este costo unitario menor se debe a que como el consumo de la red es mucho menor, el suministro se ubica en un rango inferior dentro del pliego tarifario.

#### 4.4.3 Suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.

**Tabla 17:**

*Análisis Económico de consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h*

| MES               | Días       | Energía Generada | ANTES DE LOS PANELES |             |               | DESPUÉS           |             |              |
|-------------------|------------|------------------|----------------------|-------------|---------------|-------------------|-------------|--------------|
|                   |            |                  | Energía Adquirida    | Costo Unit. | Costo Total   | Energía Adquirida | Costo Unit. | Costo Total  |
| <b>Enero</b>      | 31         | 95,1             | 141,1                | 0,860       | 121,4         | 46,1              | 0,76        | 35,0         |
| <b>Febrero</b>    | 28         | 85,9             | 127,5                | 0,860       | 109,6         | 41,6              | 0,76        | 31,6         |
| <b>Marzo</b>      | 31         | 95,1             | 141,1                | 0,860       | 121,4         | 46,1              | 0,76        | 35,0         |
| <b>Abril</b>      | 30         | 92,0             | 136,6                | 0,860       | 117,5         | 44,6              | 0,76        | 33,9         |
| <b>Mayo</b>       | 31         | 95,1             | 141,1                | 0,860       | 121,4         | 46,1              | 0,76        | 35,0         |
| <b>Junio</b>      | 30         | 92,0             | 136,6                | 0,860       | 117,5         | 44,6              | 0,76        | 33,9         |
| <b>Julio</b>      | 31         | 95,1             | 141,1                | 0,860       | 121,4         | 46,1              | 0,76        | 35,0         |
| <b>Agosto</b>     | 31         | 95,1             | 141,1                | 0,860       | 121,4         | 46,1              | 0,76        | 35,0         |
| <b>Septiembre</b> | 30         | 92,0             | 136,6                | 0,860       | 117,5         | 44,6              | 0,76        | 33,9         |
| <b>Octubre</b>    | 31         | 95,1             | 141,1                | 0,860       | 121,4         | 46,1              | 0,76        | 35,0         |
| <b>Noviembre</b>  | 30         | 92,0             | 136,6                | 0,860       | 117,5         | 44,6              | 0,76        | 33,9         |
| <b>Diciembre</b>  | 31         | 95,1             | 141,1                | 0,860       | 121,4         | 46,1              | 0,76        | 35,0         |
| <b>Anual</b>      | <b>365</b> | <b>1119,2</b>    | <b>1661,7</b>        |             | <b>1429,1</b> | <b>542,5</b>      |             | <b>412,3</b> |

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis económico mostrado en la tabla (17) para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h, podemos apreciar que la energía adquirida de la red antes de la implementación del sistema de generación fotovoltaico es de 1661.7 kW-h al año con un costo unitario de S/ 0,860 por kW-h; al implementar el sistema propuesto se tiene 1119,2 kW-h de energía generada al año, por lo tanto, la energía adquirida de la red es 542,5 kW-h por año con un costo unitario de S/ 0,760 por kW-h; este costo unitario menor se debe a que como el consumo de la red es mucho menor, el suministro se ubica en un rango inferior dentro del pliego tarifario.

#### 4.4.4 Suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.

**Tabla 18:**

*Análisis Económico de consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h*

| MES               | Días       | Energía Generada | ANTES DE LOS PANELES |             |               | DESPUÉS           |             |              |
|-------------------|------------|------------------|----------------------|-------------|---------------|-------------------|-------------|--------------|
|                   |            |                  | Energía Adquirida    | Costo Unit. | Costo Total   | Energía Adquirida | Costo Unit. | Costo Total  |
| <b>Enero</b>      | 31         | 96,9             | 184,5                | 0,860       | 158,7         | 87,6              | 0,76        | 66,6         |
| <b>Febrero</b>    | 28         | 87,6             | 166,7                | 0,860       | 143,3         | 79,1              | 0,76        | 60,1         |
| <b>Marzo</b>      | 31         | 96,9             | 184,5                | 0,860       | 158,7         | 87,6              | 0,76        | 66,6         |
| <b>Abril</b>      | 30         | 93,8             | 178,6                | 0,860       | 153,6         | 84,7              | 0,76        | 64,4         |
| <b>Mayo</b>       | 31         | 96,9             | 184,5                | 0,860       | 158,7         | 87,6              | 0,76        | 66,6         |
| <b>Junio</b>      | 30         | 93,8             | 178,6                | 0,860       | 153,6         | 84,7              | 0,76        | 64,4         |
| <b>Julio</b>      | 31         | 96,9             | 184,5                | 0,860       | 158,7         | 87,6              | 0,76        | 66,6         |
| <b>Agosto</b>     | 31         | 96,9             | 184,5                | 0,860       | 158,7         | 87,6              | 0,76        | 66,6         |
| <b>Septiembre</b> | 30         | 93,8             | 178,6                | 0,860       | 153,6         | 84,7              | 0,76        | 64,4         |
| <b>Octubre</b>    | 31         | 96,9             | 184,5                | 0,860       | 158,7         | 87,6              | 0,76        | 66,6         |
| <b>Noviembre</b>  | 30         | 93,8             | 178,6                | 0,860       | 153,6         | 84,7              | 0,76        | 64,4         |
| <b>Diciembre</b>  | 31         | 96,9             | 184,5                | 0,860       | 158,7         | 87,6              | 0,76        | 66,6         |
| <b>Anual</b>      | <b>365</b> | <b>1141,4</b>    | <b>2172,5</b>        |             | <b>1868,3</b> | <b>1031,1</b>     |             | <b>783,6</b> |

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis económico mostrado en la tabla (18) para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h, podemos apreciar que la energía adquirida de la red antes de la implementación del sistema de generación fotovoltaico es de 2172,5 kW-h al año con un costo unitario de S/ 0,860 por kW-h; al implementar el sistema propuesto se tiene 1141,4 kW-h de energía generada al año, por lo tanto, la energía adquirida de la red es 1031,1 kW-h por año con un costo unitario de S/ 0,760 por kW-h; este costo unitario menor se debe a que como el consumo de la red es mucho menor, el suministro se ubica en un rango inferior dentro del pliego tarifario.

## 4.5 Prueba de hipótesis

### 4.5.1 Suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.

**Tabla 19:**

*Análisis de rentabilidad en suministros con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h*

| MES        | Días | Costo total antes S/. | Costo total Después S/. | Ahorro S/. |
|------------|------|-----------------------|-------------------------|------------|
| Enero      | 31   | 41,8                  | 25,7                    | 16,2       |
| Febrero    | 28   | 37,8                  | 23,2                    | 14,6       |
| Marzo      | 31   | 41,8                  | 25,7                    | 16,2       |
| Abril      | 30   | 40,5                  | 24,8                    | 15,6       |
| Mayo       | 31   | 41,8                  | 25,7                    | 16,2       |
| Junio      | 30   | 40,5                  | 24,8                    | 15,6       |
| Julio      | 31   | 41,8                  | 25,7                    | 16,2       |
| Agosto     | 31   | 41,8                  | 25,7                    | 16,2       |
| Septiembre | 30   | 40,5                  | 24,8                    | 15,6       |
| Octubre    | 31   | 41,8                  | 25,7                    | 16,2       |
| Noviembre  | 30   | 40,5                  | 24,8                    | 15,6       |
| Diciembre  | 31   | 41,8                  | 25,7                    | 16,2       |
| Anual      | 365  | 492,6                 | 302,3                   | 190,4      |

Fuente: Elaboración propia

### Periodo de Recuperación de la Inversión o Payback

Se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{Payback} = a + \frac{I_0 - b}{Ft}$$

Dónde:

a: Numero de periodos que preceden al desembolso inicial

I<sub>0</sub>: Es la inversión inicial del proyecto

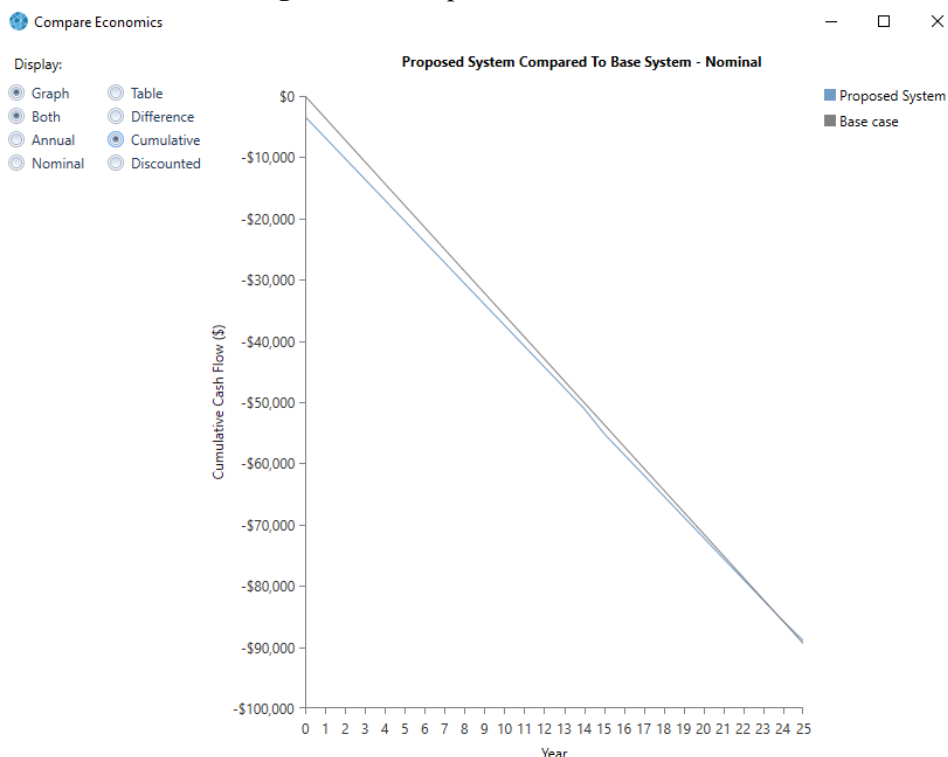
b: La suma de los flujos hasta llegar al ciclo “a”

Ft: Valor del flujo de caja generado el año en que se recupera la inversión

Payback = 18.48 años



**Figura 28:** Comparación Económica 31-50 kW-h



Fuente: Software Homer Pro

Según los datos mostrados en la tabla (19) sobre la rentabilidad para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h, podemos apreciar que el costo total que se debe pagar a la empresa concesionara por la energía adquirida de la red antes de la implementación del sistema de generación fotovoltaico es de S/ 492,60 al año; al implementar el sistema propuesto se tiene un costo total por pagar de solamente S/ 302,30 al año, por lo tanto, se tiene un ahorro o beneficio económico de S/ 190,40 por año. Con estos datos se determinó que el período de recuperación de la inversión es de 18 años, lo cual es corroborado con el análisis económico realizado utilizando el software Homer que se muestra en la figura (28); esto nos demuestra que el sistema de generación fotovoltaico propuesto, es rentable para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 31 kW-h y 50 kW-h.

#### 4.5.2 Suministros con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.

**Tabla 20:**

*Análisis de rentabilidad en suministros con Consumo Mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h*

| MES          | Días       | Costo total Antes S/. | Costo total Después S/. | Ahorro S/.   |
|--------------|------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| Enero        | 31         | 60,2                  | 37,8                    | 22,4         |
| Febrero      | 28         | 54,4                  | 34,1                    | 20,2         |
| Marzo        | 31         | 60,2                  | 37,8                    | 22,4         |
| Abril        | 30         | 58,2                  | 36,5                    | 21,7         |
| Mayo         | 31         | 60,2                  | 37,8                    | 22,4         |
| Junio        | 30         | 58,2                  | 36,5                    | 21,7         |
| Julio        | 31         | 60,2                  | 37,8                    | 22,4         |
| Agosto       | 31         | 60,2                  | 37,8                    | 22,4         |
| Septiembre   | 30         | 58,2                  | 36,5                    | 21,7         |
| Octubre      | 31         | 60,2                  | 37,8                    | 22,4         |
| Noviembre    | 30         | 58,2                  | 36,5                    | 21,7         |
| Diciembre    | 31         | 60,2                  | 37,8                    | 22,4         |
| <b>Anual</b> | <b>365</b> | <b>708,6</b>          | <b>444,6</b>            | <b>264,0</b> |

Fuente; Elaboración propia

#### Periodo de Recuperación de la Inversión o Payback

Se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{Payback} = a + \frac{I_0 - b}{Ft}$$

Dónde:

a: Numero de periodos que preceden al desembolso inicial

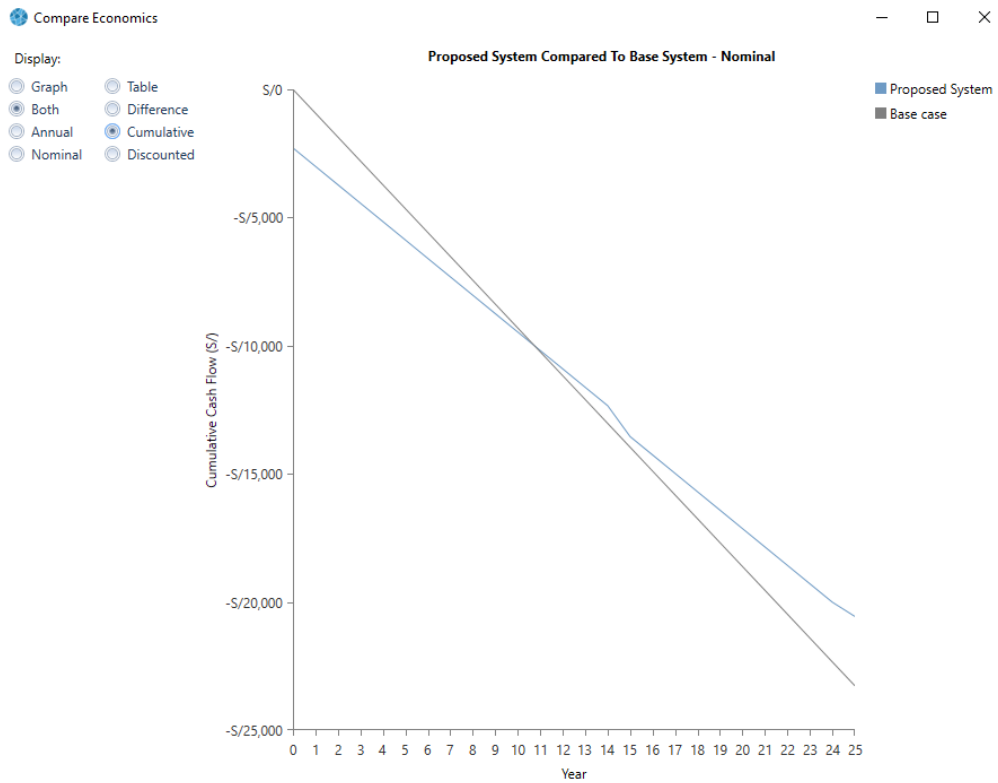
I<sub>0</sub>: Es la inversión inicial del proyecto

b: La suma de los flujos hasta llegar al ciclo “a”

Ft: Valor del flujo de caja generado el año en que se recupera la inversión

Payback = 13.33 años

**Figura 29:** Comparación Económica 51 - 100 kW-h



Fuente: Software Homer Pro

Según los datos mostrados en la tabla (20) sobre la rentabilidad para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h, podemos apreciar que el costo total que se debe pagar a la empresa concesionara por la energía adquirida de la red antes de la implementación del sistema de generación fotovoltaico es de S/ 708,60 al año; al implementar el sistema propuesto se tiene un costo total por pagar de solamente S/ 444,60 al año, por lo tanto, se tiene un ahorro o beneficio económico de S/ 264,00 por año. Con estos datos se determinó que el período de recuperación de la inversión es de 13 años, lo cual es corroborado con el análisis económico realizado utilizando el software Homer que se muestra en la figura (29); esto nos demuestra que el sistema de generación fotovoltaico propuesto, es rentable para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 51 kW-h y 100 kW-h.

#### 4.5.3 Suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.

**Tabla 21:**

*Análisis de rentabilidad en suministros con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h*

| MES          | Días       | Costo total Antes S/. | Costo total Después S/. | Ahorro S/.    |
|--------------|------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| Enero        | 31         | 121,4                 | 35,0                    | 86,4          |
| Febrero      | 28         | 109,6                 | 31,6                    | 78,0          |
| Marzo        | 31         | 121,4                 | 35,0                    | 86,4          |
| Abril        | 30         | 117,5                 | 33,9                    | 83,6          |
| Mayo         | 31         | 121,4                 | 35,0                    | 86,4          |
| Junio        | 30         | 117,5                 | 33,9                    | 83,6          |
| Julio        | 31         | 121,4                 | 35,0                    | 86,4          |
| Agosto       | 31         | 121,4                 | 35,0                    | 86,4          |
| Septiembre   | 30         | 117,5                 | 33,9                    | 83,6          |
| Octubre      | 31         | 121,4                 | 35,0                    | 86,4          |
| Noviembre    | 30         | 117,5                 | 33,9                    | 83,6          |
| Diciembre    | 31         | 121,4                 | 35,0                    | 86,4          |
| <b>Anual</b> | <b>365</b> | <b>1429,1</b>         | <b>412,3</b>            | <b>1016,8</b> |

Fuente: Elaboración propia

#### Periodo de Recuperación de la Inversión o Payback

Se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{Payback} = a + \frac{I_0 - b}{F_t}$$

Dónde:

a: Numero de periodos que preceden al desembolso inicial

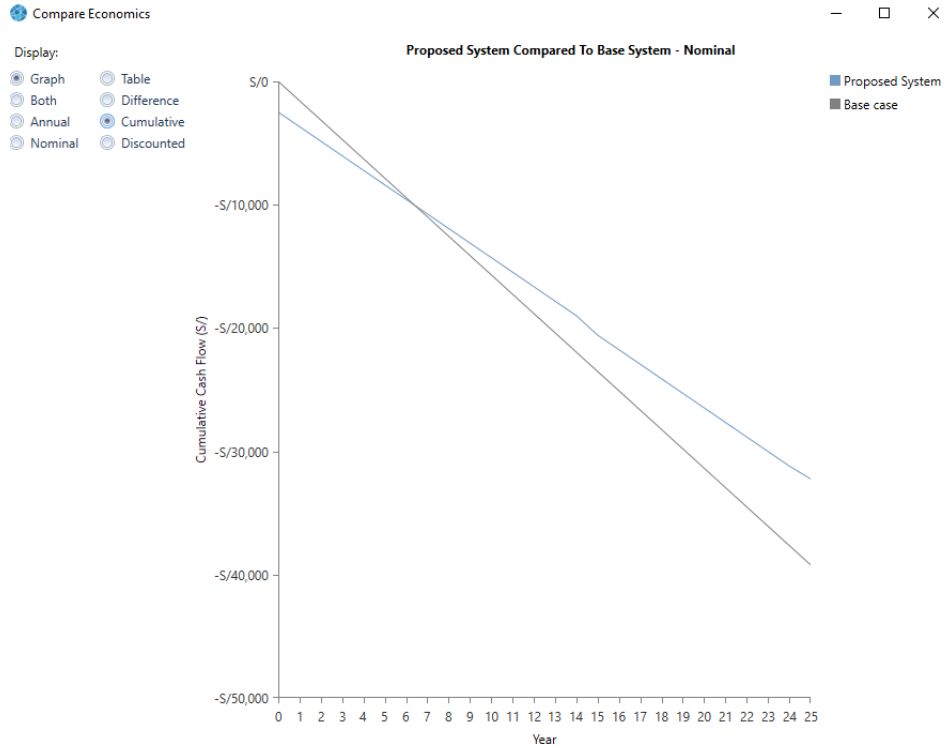
I<sub>0</sub>: Es la inversión inicial del proyecto

b: La suma de los flujos hasta llegar al ciclo “a”

F<sub>t</sub>: Valor del flujo de caja generado el año en que se recupera la inversión

Payback = 5.32 años

**Figura 30:** Comparación Económica 101- 150 kW-h



Fuente: Software Homer Pro

Según los datos mostrados en la tabla (21) sobre la rentabilidad para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h, podemos apreciar que el costo total que se debe pagar a la empresa concesionara por la energía adquirida de la red antes de la implementación del sistema de generación fotovoltaico es de S/ 1429,10 al año; al implementar el sistema propuesto se tiene un costo total por pagar de solamente S/ 412,30 al año, por lo tanto, se tiene un ahorro o beneficio económico de S/ 1016,80 por año. Con estos datos se determinó que el período de recuperación de la inversión es de 5 años, lo cual es corroborado con el análisis económico realizado utilizando el software Homer que se muestra en la figura (30); esto nos demuestra que el sistema de generación fotovoltaico propuesto, es rentable para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 101 kW-h y 150 kW-h.

#### 4.5.4 Suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.

**Tabla 22:**

*Análisis de rentabilidad en suministros con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h*

| MES          | Días       | Costo total Antes S/. | Costo total Después S/. | Ahorro S/.    |
|--------------|------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| Enero        | 31         | 158,7                 | 66,6                    | 92,1          |
| Febrero      | 28         | 143,3                 | 60,1                    | 83,2          |
| Marzo        | 31         | 158,7                 | 66,6                    | 92,1          |
| Abril        | 30         | 153,6                 | 64,4                    | 89,2          |
| Mayo         | 31         | 158,7                 | 66,6                    | 92,1          |
| Junio        | 30         | 153,6                 | 64,4                    | 89,2          |
| Julio        | 31         | 158,7                 | 66,6                    | 92,1          |
| Agosto       | 31         | 158,7                 | 66,6                    | 92,1          |
| Septiembre   | 30         | 153,6                 | 64,4                    | 89,2          |
| Octubre      | 31         | 158,7                 | 66,6                    | 92,1          |
| Noviembre    | 30         | 153,6                 | 64,4                    | 89,2          |
| Diciembre    | 31         | 158,7                 | 66,6                    | 92,1          |
| <b>Anual</b> | <b>365</b> | <b>1868,3</b>         | <b>783,6</b>            | <b>1084,7</b> |

Fuente: Elaboración propia

#### **Periodo de Recuperación de la Inversión o Payback**

Se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{Payback} = a + \frac{I_0 - b}{Ft}$$

Dónde:

a: Numero de periodos que preceden al desembolso inicial

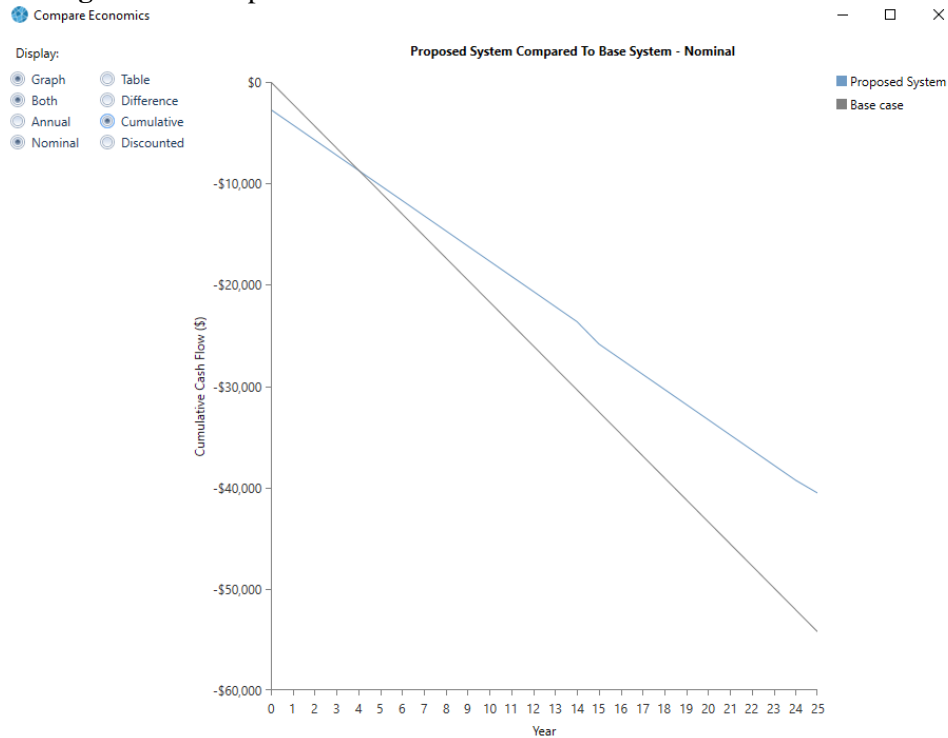
I<sub>0</sub>: Es la inversión inicial del proyecto

b: La suma de los flujos hasta llegar al ciclo “a”

F<sub>t</sub>: Valor del flujo de caja generado el año en que se recupera la inversión

Payback = 4.98 años

**Figura 31:** Comparación Económica 151-200 kW-h



Fuente: Software Homer Pro

Según los datos mostrados en la tabla (22) sobre la rentabilidad para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h, podemos apreciar que el costo total que se debe pagar a la empresa concesionara por la energía adquirida de la red antes de la implementación del sistema de generación fotovoltaico es de S/ 1868,30 al año; al implementar el sistema propuesto se tiene un costo total por pagar de solamente S/ 783,60 al año, por lo tanto, se tiene un ahorro o beneficio económico de S/ 1084,70 por año. Con estos datos se determinó que el período de recuperación de la inversión es de 5 años, lo cual es corroborado con el análisis económico realizado utilizando el software Homer que se muestra en la figura (31); esto nos demuestra que el sistema de generación fotovoltaico propuesto, es rentable para suministros residenciales con tarifa BT5B con consumo mensual entre 151 kW-h y 200 kW-h.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante el modelado con el software Homer se pudo determinar que un sistema de generación eléctrica no convencional es rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022; estos resultados son corroborados por la investigación de Macancela titulada “Dimensionamiento Optimo para pequeños sistemas Híbridos Aislados Aplicado en la Islas Galápagos” en la “Universidad Politécnica Salesiana” donde concluyo que gracias al trabajo de simulación se logró desarrollar un planteamiento para diseñar un sistema híbrido de paneles solares y turbinas eólicas logrando almacenar más del 90% de la energía producida por la fuente fotovoltaica, similarmente, De La Cruz en su tesis de grado titulada “Diseño de un sistema eléctrico aislado utilizando el software HOMER para electrificar el caserío Santa Rosa de Tumar en el distrito de Huambos, provincia de Chota – Cajamarca” en la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo” donde concluye que los recursos solar y eólico evaluado mediante la simulación y optimización con el software HOMER Pro, se pudo obtener una media anual de viento de 3,62 m/s y una radiación solar media por año de 5,170 kWh/m<sup>2</sup>/día determinando de esta manera que un sistema eólico aislado es más accesible de fácil de implementar para electrificar el caserío de Santa Rosa de Tumar, demostrándonos de esta manera la eficacia del software Homer para poder realizar el dimensionamiento de sistemas de generación renovables como son la eólica y fotovoltaica.

Con las consideraciones de viabilidad eficiente de generación fotovoltaica se pudo determinar los rangos de consumo mensual de energía eléctrica el cual se ampara en el pliego tarifario vigente, así como la demanda y el equipamiento de las viviendas con suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022; estos resultados son corroborados por la investigación de Quispe G. y Poccori E. titulada “Estudio del Sistema Fotovoltaico de Autoconsumo con Conexión a la Red Eléctrica y uso Eficiente de Energía del Instituto Blue Ribbon Internacional Cusco” donde concluye que entre los años 2003 y 2020 los rendimientos mínimos estimados fueron del 96,26% con un máximo del 97,24% esto indica una disminución de carga en las líneas y los transformadores haciendo que las necesidades energéticas no sean cubiertas en su totalidad por ELSE, permitiendo de esta manera que la energía fluya a otras zonas que la necesitan, similarmente Jiménez S. en su tesis de grado titulada “Evaluación Económica de un sistema fotovoltaico con baterías bajo diferentes escenarios y modelos tarifarios” en la “Universidad de Los Andes”, concluyendo que el modelo tarifario CREG 030 de 2018, puede permitir la integración de sistemas de generación solar, debido a que puede presentar ahorros, aunque los ahorros pueden ser



más significativos en usuarios de consumos menores, ya que según el pliego tarifario los costos son menores, ya que las tarifas aplicadas a los mismos son subsidiadas, pero no todos los usuarios que se encuentren en estos estratos pueden y tienen la capacidad económica para realizar una inversión en estas tecnologías de esta manera es que se pudo determinar rangos de estudio.

Por consiguiente para determinar las características técnicas de un sistema de generación eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022 se obtuvieron datos de radiación tomados del atlas y de la NASA del cual se tomó el valor mínimo de 3.64 kWh/m<sup>2</sup> y los paneles monocristalino por ser más eficientes, estos resultados son corroborados por la investigación de Montoya C. en su trabajo de suficiencia titulado “Dimensionamiento y selección de un Sistema Fotovoltaico con el software Homer como alternativa para generar energía eléctrica en el caserío nuevo retiro en Cumba – Utcubamba Amazonas” donde concluye que Según el Atlas de energía solar de Perú, los datos de irradiación son variables que oscilan entre 4,0 y 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/día con una media de 4,25 kWh/m<sup>2</sup>/día y según la NASA la irradiación oscila entre 3,93 y 5,15 kWh/m<sup>2</sup>/día determinándose que la irradiación mínima diaria del Caserío Nuevo Retiro es de 3,93 kWh/m<sup>2</sup>/día; similarmente Huamán R. en su tesis titulado “Estudio comparativo de potencia generada por paneles fotovoltaicos monocristalinos y policristalinos en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco”, donde concluye que Existe una ventaja del 2,73% en cuanto a la conversión de energía eléctrica entre el panel monocristalino la cual tiene una eficiencia del 18,40% respecto al panel policristalino la cual tiene una eficiencia del 15,67 todo esto al obtener la radiación solar media más alta que es en el mes es octubre llegando a 722,30 W/m<sup>2</sup> y la más baja en el mes de mayo donde llega a 444,91 W/m<sup>2</sup>, razón por la cual en el proyecto se realizó considerando las características de los paneles monocristalinos.

Finalmente en la investigación se pudo determinar la rentabilidad económica y las características de los sistemas de generación eléctrica fotovoltaica no convencionales, aplicados a los diferentes rangos de consumos de 31kW\_h hasta 200kW\_h, donde el tiempo de recuperación está en el rango de 5 años hasta los 18 años; consiguientemente se confirma la rentabilidad para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito de San Sebastián provincia de Cusco – 2022; estos resultados son corroborados por la investigación de Quispe G. y Poccori E. titulada “Estudio Del Sistema Fotovoltaico De Autoconsumo Con Conexión A La Red Eléctrica Y Uso Eficiente De Energía Del Instituto Blue Ribbon Internacional Cusco ” donde concluye que ELSE no tiene por qué aportar la energía en su totalidad, por consecuencia los ahorros serían significativos, similarmente el resultado que se obtuvo en la tesis planteada por Pareja S. y Pareja C.

titulada “Estudio Técnico Económico de Generación Eléctrica Usando Paneles Fotovoltaicos En La Ciudad Universitaria De Perayoc De La Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco”, concluyéndose que a partir del vigésimo año de implementar el proyecto se empezara a recuperar la inversión dejando de esta manera claro que muy a pesar del tiempo de recuperación de inversión el proyecto es viable pero a lo largo tiempo.

## CONCLUSIONES

1. Los sistemas de generación eléctrica no convencional rentable modelados mediante el software Homer para suministros residenciales de tarifa BT5B, en el distrito de San Sebastián, provincia de Cusco, 2022, muestran que, en el rango de 31kW-h a 50 kW-h, el período de recuperación de la inversión es de 17 años; es decir, genera utilidades durante ocho años a partir del año 18 hasta el año 25, que es el período de vida útil del sistema, en el rango 51 kW-h a 100 kW-h, el periodo de recuperación de la inversión es de 13 años; es decir, genera utilidades durante 12 años a partir del año 14 hasta el año 25 que es el periodo de vida útil del sistema, en el rango de 101 kW-h a 150 kW-h, el periodo de recuperación de la inversión es de 5 años; es decir, genera utilidades durante 20 años a partir del año 6 hasta el año 25 que es el periodo de vida útil del sistema y, en el rango de 151 kW-h a 200 kW-h, el periodo de recuperación de la inversión es de cinco años; es decir, genera utilidades durante 20 años a partir del año 6 hasta el año 25 que es periodo de vida útil del sistema.
2. Los rangos de consumo mensual de energía eléctrica para suministros residenciales de tarifa BT5B, en el distrito de San Sebastián, provincia de Cusco, 2022, que fueron parte del estudio se dividieron en cuatro rangos los cuales son: Entre 31-50 kW-h, un total de 190 suministros que equivalen al 12 %; entre 51-100 kW-h, un total de 565 suministros que equivalen al 34 %; entre 101-150, un total de 295 suministros que equivalen al 18 %; entre 151-200 kW-h, un total de 103 que equivalen al 6 %; de todos ellos, pudimos obtener una muestra para la realización del estudio. Cabe mencionar que no fueron considerados los suministros con consumos menores a 30 kW-h, con un total de 395, que equivalen al 24 %, y los suministros con consumos superiores a 200 kW-h, con total de 100, que equivalen al 6 %. Todo esto teniendo en cuenta que la cantidad de suministros llegan a un total de 1648 suministros, equivalentes al 100 %, donde se pudo determinar que el 70 % de los suministros se encuentra dentro del rango de estudio y el otro 30 % se encuentra fuera del rango de estudio.
3. Las características técnicas de los sistemas de generación eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B, en el distrito de San Sebastián, provincia de Cusco, 2022, que fueron parte del estudio son: En el rango de 31 kW-h a 50 kW-h, la potencia fotovoltaica del sistema requerida es de 181.31 W donde, con un panel solar de 450 W, estaríamos cubriendo dicha potencia; para el rango de 51 kW-h a 100 kW-h, la potencia fotovoltaica del sistema requerida es de 326.37 W, donde se haría uso de un panel solar de 450 W; en el rango de 101kW-h a 150 kW-h, la potencia fotovoltaica del sistema requerido es de 1061.54 W y, en el rango de 151 kW-h a 200 kW-h, la potencia fotovoltaica del sistema requerido es de 1068,79 W, siendo en estos dos casos necesarios el uso de tres paneles solares de 450 W, concluyéndose, de esta manera, que la implementación del sistema es viable para los cuatro rangos de estudio.

4. Las características económicas de los sistemas de generación eléctrica no convencional rentable para suministros residenciales de tarifa BT5B, en el distrito de San Sebastián, provincia de Cusco, 2022, son: en el rango de 31 kW-h a 50 kW-h, se tiene un ahorro anual de S/ 190,4; en el rango de 51 kW-h a 100 kW-h, se tiene un ahorro anual de S/ 264,0; en el rango de 101 kW-h a 150 kW-h, se tiene un ahorro de S/ 1016,8; y, en el rango de 151 kW-h a 200 kW-h, se tiene un ahorro anual de S/ 1084,7, lográndose, de esta manera, determinar que, en los cuatro rangos de estudio, se logra una buena rentabilidad, notándose una gran diferencia en los rangos de 101 kW-h a 150 kW-h y 151 kW-h a 200 kW-h, donde la rentabilidad es mucho mayor que en los otros dos rangos de 31 kW-h a 50 kW-h y 51 kW-h a 100 kW-h, donde la rentabilidad es menor.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda desarrollar trabajos de investigación que puedan realizar planteamientos de infraestructura arquitectónica y eléctrica que permitan tener infraestructura adecuada para el desarrollo de generaciones eléctricas no convencionales.
2. Elaborar el perfil de carga de cada suministro, utilizando un watímetro que refleje los consumos reales de potencia y energía en un mes determinado.
3. Continuar con la investigación para determinar las pérdidas técnicas que ocurren en el funcionamiento de los sistemas de generación fotovoltaica, cuya finalidad es conseguir mayor eficiencia de los paneles solares, para contribuir con la rentabilidad del proyecto.
4. Hacer uso de un software con herramientas que permita mejorar y hacer más eficiente el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos.
5. Para la implementación de proyectos similares, es necesario realizar un estudio detallado de una alianza público-privada, la cual se podría aplicar a trabajos de investigación como el presente, con la finalidad de financiar la implementación y de que el cobro de la inversión se realice periódicamente conjuntamente a los recibos mensuales por costos de consumo eléctrico, para no tener impacto económico en los usuarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **BECK, Heinrich.** *Concepto y presupuestos gnoseológicos del método inductivo.* 1968.
2. **NACIONES UNIDAS.** *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.* s.l.: ISBN de la versión en pdf: 978-92-1-002493-8, 2023.
3. **MACANCELA CABRERA, Jhon Paúl.** *Dimensionamiento óptimo para pequeños sistemas híbridos aislados aplicado en las islas Galápagos.* Guayaquil: s.n., 2018.
4. **JIMÉNEZ SEGURA, José Alejandro.** *Evaluación Económica de un Sistema Fotovoltaico con Baterías bajo Diferentes Escenarios y Modelos Tarifarios.* Bogota: s.n., 2019.
5. **GARCIA VILLAR, Arancha.** *Revisión de herramientas de ayuda al cálculo de viabilidad, diseño y simulación de sistemas fotovoltaicos.* Jaen: s.n., 2021.
6. **ESTÉVEZ ACUÑA, Jhordan Camilo, & ORTÍZ VILLARREAL, Jerson Fernando.** *Identificación de los factores críticos para la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en Colombia. 2,* Colombia: Revista Dinámica Ambiental, 2018.
7. **DE LA CRUZ FERNÁNDEZ, Elmer.** *Diseño de un sistema eléctrico aislado utilizando el software HOMER para electrificar el caserío Santa Rosa de Tumar en el distrito de Huambos, provincia de Chota–Cajamarca.* Cajamarca: s.n., 2020.
8. **HUAMÁN MENDOZA, Gonzalo Felipe.** *Diseño de un sistema fotovoltaico on grid de autoconsumo e inyección 0 conectado a la red eléctrica del centro de salud Haqira, Apurímac 2020.* Lima: s.n., 2020.
9. **MONTOYA CEVALLOS, Gustavo Adolfo.** *Dimensionamiento y selección de un sistema fotovoltaico con el software Homer como alternativa para generar energía eléctrica en el caserío Nuevo Retiro en Cumba–Utcubamba Amazonas.* Lambayeque, 2019.
10. **QUISPE GUTIERREZ, Vladimir Tito, & POCCORI ESCALANTE, Alex Junior.** *Estudio del sistema fotovoltaico de autoconsumo con conexión a la red eléctrica y uso eficiente de energía del Instituto Blue Ribbon Internacional Cusco.* Cusco: s.n., 2021.
11. **HUAMAN ROMOACCA, Jesús.** *Estudio comparativo de potencia generada por paneles fotovoltaicos monocristalinos y policristalinos en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.* Cusco: s.n., 2018.

12. **PAREJA SORIA, Arturo Javier, & PAREJA CABRERA, Francisco Javier.** *Estudio técnico económico de generación eléctrica usando paneles fotovoltaicos en la ciudad universitaria de Perayoc de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.* Cusco: s.n., 2019.

13. **Solar Energía.** <https://solar-energia.net>. [En línea] [Citado el: 20 de mayo de 2020.].

<https://solar-energia.net>.

14. **Sostenibilidad.** [www.sostenibilidad.com](http://www.sostenibilidad.com).  
[https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/las-energias-renovables-mas-utilizadas/?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwNi0BhA1EiwAWZaANMPPXLs5FzsUCBtJioN75aR1\\_vBQE-](https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/las-energias-renovables-mas-utilizadas/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwNi0BhA1EiwAWZaANMPPXLs5FzsUCBtJioN75aR1_vBQE-qsBGflfYEaq2iHJAzpPbOzDhoCdccQAvD_BwE&_adin=11734293054)

[qsBGflfYEaq2iHJAzpPbOzDhoCdccQAvD\\_BwE&\\_adin=11734293054](https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/las-energias-renovables-mas-utilizadas/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwNi0BhA1EiwAWZaANMPPXLs5FzsUCBtJioN75aR1_vBQE-qsBGflfYEaq2iHJAzpPbOzDhoCdccQAvD_BwE&_adin=11734293054). [En línea] [Citado el: 14 de diciembre de 2022.].

[https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/las-energias-renovables-mas-](https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/las-energias-renovables-mas-utilizadas/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwNi0BhA1EiwAWZaANMPPXLs5FzsUCBtJioN75aR1_vBQE-qsBGflfYEaq2iHJAzpPbOzDhoCdccQAvD_BwE&_adin=11734293054)

[utilizadas/?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwNi0BhA1EiwAWZaANMPPXLs5FzsUCBtJioN75aR1\\_vBQE-](https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/las-energias-renovables-mas-utilizadas/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwNi0BhA1EiwAWZaANMPPXLs5FzsUCBtJioN75aR1_vBQE-qsBGflfYEaq2iHJAzpPbOzDhoCdccQAvD_BwE&_adin=11734293054)

[qsBGflfYEaq2iHJAzpPbOzDhoCdccQAvD\\_BwE&\\_adin=11734293054](https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/las-energias-renovables-mas-utilizadas/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwNi0BhA1EiwAWZaANMPPXLs5FzsUCBtJioN75aR1_vBQE-qsBGflfYEaq2iHJAzpPbOzDhoCdccQAvD_BwE&_adin=11734293054).

15. **Tecnosolab.** [tecnosolab.com](http://tecnosolab.com).

<https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>. [En línea] [Citado el: 18 de mayo de 2020.].

16. **Tecnosolab.** [https://tecnosolab.com](http://tecnosolab.com). [En línea] [Citado el: 14 de mayo de 2020.]

[https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares.](https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/)

17. **UNAM, Unidad de Ecotecnologías.** Paneles Fotovoltaicos. <https://ecotec.unam.mx>. [En línea] 25 de mayo de 2023.

<https://ecotec.unam.mx/ecoteca/paneles-fotovoltaicos-2>.

18. **Solarplak.** <https://solarplak.es>. <https://solarplak.es/energia/diferencias-entre-paneles-solares-termicos-y-fotovoltaicos/>. [En línea] 25 de mayo de 2023. [Citado el: 15 de diciembre de 2022.]

<https://solarplak.es/energia/diferencias-entre-paneles-solares-termicos-y-fotovoltaicos/>.

19. <https://ecoinventos.com>. <https://ecoinventos.com>.  
<https://ecoinventos.com/paneles-solares-termodinamicos/>. [En línea] 25 de

mayo de 2023. [Citado el: 15 de diciembre de 2022.].  
<https://ecoinventos.com/paneles-solares-termodinamicos/>.

20. **Áreatecnología**. <https://www.areatecnologia.com>. [En línea] [Citado el: 24 de abril de 2020.]

<https://www.areatecnologia.com>.

21. **Coelectrix**. <https://coelectrix.com>. [En línea] [Citado el: 26 de abril de 2020.].  
<https://coelectrix.com>.

22. **www.astromia.com**. <https://www.astromia.com/solar/sol.htm>. [En línea] [Citado el: 16 de diciembre de 2022.].

<https://www.astromia.com/solar/sol.htm>.

23. **Energy.gov**. Energy. <https://www.energy.gov>. [En línea] [Citado el: 18 de mayo de 2020.].

<https://www.energy.gov/eere/solar/articles/solar-radiation-basics>. 1.

24. **MIRANDA ESCOBAR, Millaray Alejandra**. *Diseño de sistema de generación fotovoltaica para viviendas conectadas a la red de distribución, En El Contexto de la Ley N.º 20.571*. Santiago de Chile: s.n., 2016. pp. 13-14.

25. **Iberdrola**. <https://www.iberdrola.com>.

<https://www.iberdrola.com/compromiso-social/radiacion-solar>. [En línea] [Citado el: 20 de enero de 2023.].

26. **homerenergy**. [homerenergy.com](https://www.homerenergy.com).

<https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html>. [En línea], 2020. [Citado el: 18 de diciembre de 2022.].

<https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html>.

27. **NICARAGUA, Estelí**. *Metodología de la investigación e investigación aplicada para Ciencias Económicas y Administrativas*. pp. 1-89., Managua: Revista de La Universidad Autónoma Nicaragua, 2018.

28. **Moguel, Ernesto, & A. Rodríguez**. *Metodología de la Investigación*. 29, Vol. 1. Villahermosa: Universidad J. Autónoma de Tabasco, 2005.

29. <https://www.panelsolarperu.com>. <https://www.panelsolarperu.com/productos/476-panel-solar-450w-24v-monocristalino-perc-eco-green.html>. [En línea] 18 de febrero de 2023. [Citado el: 19 de diciembre de 2022.].

<https://www.panelsolarperu.com/productos/476-panel-solar-450w-24v-monocristalino-perc-eco-green.html>.

30. **HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P., SAMPIERI, & SORIANO, R**. *Metodología de la investigación*. 6.<sup>a</sup> edición. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2016.



31. **GUEVARA ALBAN, G. P., VERDESOTO ARGUELLO, A. E., & CASTRO MOLINA.** *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*, pp. 163-173, Vol. 4(3), Guayas: Recimundo, 2020.
32. **SOLAR ENERGÍA.** <https://solar-energia.net>. *Energía solar fotovoltaica*. [En línea] 07 de julio de 2019. [Citado el: 07 de julio de 2022.]  
<https://solar-energia.net>.
33. **ZAMORA TORRES, América Ivonne, & KIDO CRUZ, Antonio.** *Rentabilidad y ventaja comparativa: Un análisis de los sistemas de producción de guayaba en el estado de michoacan*. Michoacan: s.n., 2008.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Guía de encuesta

Modelado de generación fotovoltaica rentable con el software Homer para suministros residenciales de tarifa BT5B en el distrito San Sebastián provincia de Cusco – 2022

**Encuesta** : .....

**Ciudad, Provincia, Distrito:**.....

**Fecha** : .....

#### Estimado Usuario

El motivo de la siguiente encuesta es conocer su opinión respecto a la energía solar y los paneles solares así como la instalación de un sistema conectado a la red para su domicilio, la información se utilizara par fines netamente académicos.

**1. ¿Cree Ud. que la energía eléctrica en el Perú es costosa?**

Sí

No

**2. ¿Cree que es importante ahorrar energía?**

Sí

No

**3. ¿Qué estrategias de ahorro de energía utiliza? Seleccione las más utilizadas:**

a) Apagar los focos al salir.

b) Desenchufar todos sus electrodomésticos antes de dormir.

c) Cocinar con gas en su casa.

d) Planchar solo la ropa necesaria.

e) No encender artefactos que no necesita.

f) Otros.

- 4. ¿Crees que el ahorro de energía nos ayuda a mejorar el medio ambiente y la economía?**
- Sí
- No
- 5. ¿Consideras que haces buen uso de la energía?**
- Sí
- No
- 6. ¿Sabes cuál es el artefacto que consume más energía?**
- a) Refrigeradora
  - b) Horno Microondas
  - c) Licuadora
  - d) Lavadora
  - e) Plancha
  - f) Foco
  - g) Secadora
  - h) Computadora
  - i) Otros
- 7. ¿Te importa el cambio climático?**
- Sí
- No
- 8. ¿Cree Ud. que el consumo de energía bajaría en su casa mediante la utilización de esta energía alternativa?**
- Sí
- No
- 9. ¿Cuánto es el costo promedio que Ud. paga en su recibo?**
- a) Entre S/ 30.00 y S/ 50.00
  - b) Entre S/ 51.00 y S/ 100.00
  - c) Entre S/ 101.00 y S/ 150.00

d) Entre S/ 151.00 y S/ 200.00

e) Más de S/ 200.00

**10. ¿Cree Ud. que es inteligente usar energía solar?**

Sí

No

**11. ¿Consideraría que reduciría el costo de su tarifa mensual de electricidad si utiliza energía solar?**

Sí

No

**12. ¿Sabe Ud. que son los paneles solares?**

Sí

No

**13. (Si contestó afirmativa la anterior pregunta) ¿Qué tipos de paneles solares conoce?**

a) Paneles solares termodinámicos

b) Paneles solares térmicos

c) Paneles solares fotovoltaicos

**14. ¿Conoce el funcionamiento de los paneles solares?**

Sí

No

**15. ¿Conoce los beneficios de este sistema de energía?**

Sí

No

**16. ¿Le gustaría obtener mayor información sobre este método?**

Sí

No

**17. ¿Le gustaría implementar este método de energía solar en su vivienda?**

Sí

No

**18. ¿Invertiría Ud. en productos que utilizan energía solar?**

Sí

No

**19. (Si contestó afirmativo a la pregunta anterior) ¿Cuánto estaría Ud. dispuesto a invertir en un sistema de energía solar?**

a) Entre S/ 3000 a S/ 4000

b) Entre S/ 4000 a S/ 5000

c) Entre S/ 5000 a S/ 6000

d) Entre S/ 6000 a S/ 7000

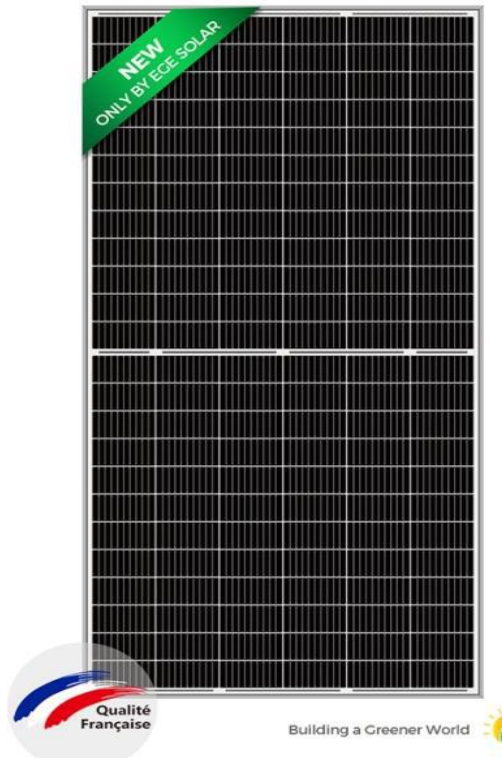
e) Más de S/ 7000

**¡Gracias por su colaboración!**



**Fotografía 1.** Encuesta realizada

## ANEXO 2: Características del Panel Solar Perc Eco Green



### Panel Solar 450W 24V Monocristalino PERC ECO GREEN

Panel solar de 450W (vatios) de potencia el cual genera energía eléctrica mediante la radiación del sol. Este panel está preparado para funcionar en instalaciones solares de 24V (voltios) con un regulador, un inversor de corriente de 24V y dos o varias baterías de 12V. Este panel está formado mediante células de silicio monocristalino de alta eficiencia y rendimiento.

#### Ficha técnica Panel solar 450W 24V Monocristalino Perc Eco Green

Características:

Potencia (en Wattios): 450W Voltaje en circuito abierto (Voc): 49,28V Voltaje en el punto de máxima potencia (Vmp): 40,96V Corriente de cortocircuito (Isc): 11,57A Corriente nominal (Imp): 10,99A Sistema de voltaje máximo: 1500VDC Eficiencia del modulo: 20,58%

Tipo de célula: Monocristalino PERC Dimensiones: 2102 x 1040 x 35 mm Garantía contra defectos de fabricación: 12 años

Actualmente distribuimos módulos en más de 60 países alrededor del mundo.

Los módulos solares monocristalino Helios Plus de

144 celdas están fabricados solo con celdas Grado A porque así podemos generar la máxima energía, consiguiendo un LCOE más bajo y garantizando más de 25 años de vida útil. Además de contar con materiales que cuentan con certificaciones y son fabricados por importantes líderes de la industria solar (Vidrio, EVA, marco, caja de control y demás).

#### CARACTERÍSTICAS CLAVE:

- Módulo solar monocristalino de 9BB.
- Menor LCOE y BOS, podemos tener un precio más competitivo en 9BB que en 5BB.
- Protección anti PID / Bajo LID
- Menor riesgo de puntos calientes por efectos de sombreado
- Más bajo coeficiente de temperatura (Podemos alcanzar aquí -0,36%)
- Más potencia de salida en condiciones de poca luz, como neblina, cielo nublado y por la mañana.
- Reducción del riesgo de microgrietas.
- Caja de control IP68

#### CERTIFICADO INTEGRAL:

Nuestro módulo solar Monocristalino Helios es adecuado para conexión a red y sistemas a larga escala.

Contando con las siguientes certificaciones.

- Certificación TUV SUD (IEC 61730 / IEC 61215)
- Niebla salina (IEC 61701)
- Corrosión por amoníaco (IEC 62716),
- Anti-PID, Arena y Polvo (IEC 60068-2-68).

Nuestro módulo solar monocristalino Atlas Pro se produce en nuestra fábrica que está certificada por ISO 9001 es por ello que cumple con buenos sistemas de gestión de calidad.

### ANEXO 3: Inversor a RED Growatt MIC 3000TL-X monofásico

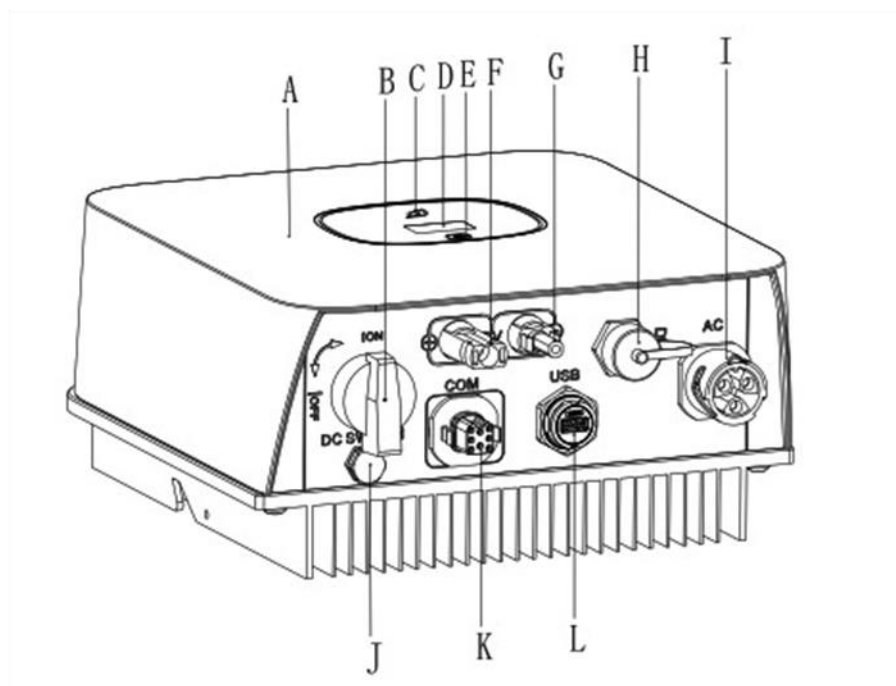


El Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X es un inversor de una fase de autoconsumo denominado también Inversor de conexión a red general capaz de proporcionar, como su propio nombre señala, hasta 3000W de potencia de salida, siempre y cuando disponga de captación de luz solar suficiente.

Su interesante precio es uno de los aspectos a destacar ya que, ligado a una gran calidad de fabricación, nos pone al alcance de nuestra mano la solución más económica para nuestra instalación fotovoltaica de autoconsumo. Se le nombra como inversor on grid porque requiere la presencia de una red eléctrica existente a la que se conecta el inversor para ponerse a trabajar. El Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X es monofásico y está preparado para trabajar conectado a redes monofásicas con fase y neutro. Su misión es añadir sobre nuestra red eléctrica doméstica la energía que van produciendo los paneles solares que tiene enchufados.

#### Propiedades técnicas del Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X

El Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X tiene la apariencia descrita a continuación, donde podemos diferenciar también las siguientes conexiones físicas:





- A – Cubierta exterior.
- B – Interruptor de corriente continua.
- C – Led.
- D – Pantalla Oled.
- E – Botón táctil.
- F – Entrada fotovoltaica PV+.
- G – Entrada fotovoltaica PV-.
- H – Puerto DRM.
- I – Salida de corriente alterna AC.
- J – Válvula de ventilación.
- K – Puerto de comunicaciones.
- L – Puerto USB.

En los dispositivos de acceso como este Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X es especialmente beneficioso que el inversor sea capaz de arrancar a un voltaje tan bajo, así se pone a trabajar con menos captación solar, y también aseguramos su funcionamiento en condiciones difíciles como mala luminosidad, lluvia o niebla de hasta cierta intensidad.

Las propiedades eléctricas de entrada del Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X son las siguientes:

Potencia máxima recomendada a conectar: 4200W

Voltaje máximo en CC: 550V

Voltaje de arranque: 80V

Rango de voltaje del MPPT: 65 – 500V

Voltaje nominal de funcionamiento: 360V

Intensidad máxima de entrada: 13A

Intensidad máxima de cortocircuito: 16A

Número de seguidores MPPT: 1

Entradas fotovoltaicas para cada MPPT: 1

### **Conectividad Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X**

Toda la gama de Inversores Growatt trae consigo un puerto USB que permite conectar el dispositivo Wifi y dotar a nuestra instalación de conectividad inalámbrica. El inversor lleva de serie un puerto de comunicaciones con 8 pines donde tendremos la capacidad de enchufar el cableado que va hacia el contador de la luz. Con estas lecturas

el inversor mandará sus datos de eficiencia y consumo del hogar. El usuario tiene a su alcance un portal web donde podremos registrar nuestra instalación fotovoltaica. Desde aquí podremos seguir todos los parámetros que tienen que ver con la información relativa a datos de producción, autoconsumo, y aprovechamiento de nuestra instalación solar de conexión a red.

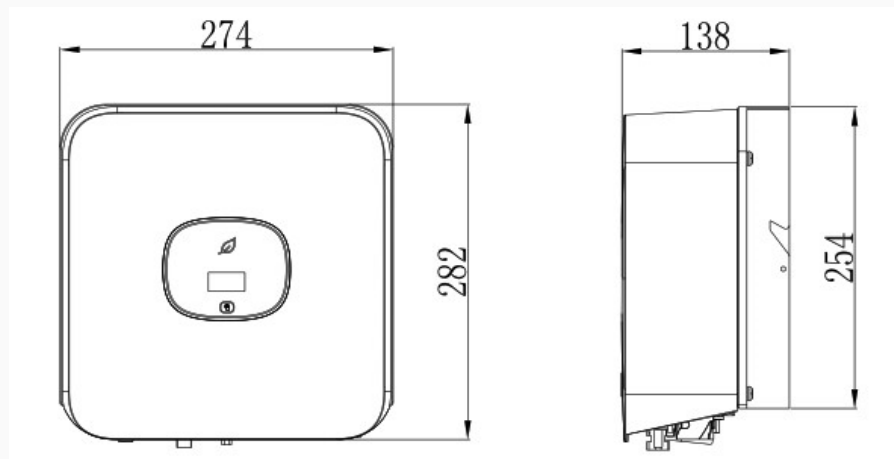
El dispositivo Wifi y el vatímetro se proporcionan por separado, aunque van incluidos en todos los kits que incorporan este inversor.

### **Rendimiento Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X**

El Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X aporta una gran eficiencia de trabajo, con un valor tope del 97,6%, de las cifras más destacadas para un Inversor de conexión a red de estas propiedades. Ofrece al cliente un rendimiento de su controlador MPPT del 99,9% y una capacidad de trabajo según los estándares europeos del 97,1%. Conseguiremos así uno de los mejores rendimientos del mercado a un coste inmejorable, para que nuestra instalación solar fotovoltaica tenga al coste más asequible la producción de energía más potente.

### **Dimensiones Inversor On Grid Growatt MIN 3000TL-X**

Todos los Inversores Growatt de la gama MIC-TL-X tienen las mismas dimensiones espaciales, el esquema físico del inversor es el siguiente:



Con un tamaño de carcasa de 274 x 282 x 138 mm (sin contar los conectores inferiores) es uno de los inversores con el espacio mejor aprovechado del mercado, ya que recordemos que tanto el modelo de 750W como el de 3300W son exactamente iguales en su apariencia exterior y en su peso, que es de menos de 7Kg.

Va acompañado de una certificación de protección IP65 para poder ser colocado en exteriores, aunque a cubierto de la luz solar directa a ser posible. Funciona con un sistema de disipación del calor por convección natural, sin partes móviles como ventiladores, lo que le ofrece un excelente nivel sonoro de apenas 35 decibelios. Se pueden comprobar más datos relativos a sus especificaciones técnicas en la ficha técnica adjunta.

## **Protecciones Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X**

El Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X incorpora numerosas protecciones eléctricas que los hace estar en lo más alto en cuanto a estándares de seguridad para inversores domésticos de autoconsumo de energía solar. Como aspectos más reseñables, la protección anti-isla, la inversión de polaridad, contra cortocircuitos, sobrecorriente, sobrevoltaje, exceso de temperatura y muchas más. La garantía del Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X es de 5 años, ampliable hasta los 10 años si el cliente así lo desea.

El Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X incorpora los siguientes certificados, para garantizar su correcto funcionamiento sobre los más variados estándares de redes eléctricas. Las certificaciones que lo avalan son: CE, IEC62109, G98, G99, VFR2014, CEI0-21, VDE-AR-N4105, EN61727, IEC62116.

Obtener Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X es sencillo, rápido y seguro con Panel solar Perú, ya que somos distribuidores de Growatt Perú. Si alberga alguna pregunta sobre qué Inversor Growatt es el aconsejado según sus necesidades contáctenos y sin compromiso ninguno nuestro equipo técnico le ayudará respecto a la mejor opción que se acople a sus necesidades. Tanto el Inversor On Grid Growatt MIC 3000TL-X como el resto de productos obtenidos en Panel solar Perú cuentan con garantía de fabricante, contáctenos para más información sin compromiso.

#### ANEXO 4: Metro de cable para panel solar 12AWG 4mm<sup>2</sup> N2xOH



**Código del producto:** CPPS4MMR  
**Marca:** ELCOPE  
**Procedencia:** Perú

CABLE SOLAR FOTOVOLTAICO

Temperatura de operación: -40°C a 90°C  
Tensión Nominal: 0.6/1 kV AC, 1800 Vdc

#### DESCRIPCIÓN DEL CONDUCTOR:

Conductores de cobre electrolítico recocido de 99.998% de pureza, suave, flexible y cableado en haz (clase 5).  
Aislamiento termoestable de Polietileno Reticulado (XLPE).  
Cubierta termoplástica Libre de Halógenos (HFFR) con protección UV, contra los rayos ultravioleta.

#### PROPIEDADES:

Alta resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceites y al calor. Retardante a la llama.  
- Dura hasta 25 años en condiciones normales de uso en las viviendas.  
- Resistente a la irradiación directa: resiste temperaturas extremas (-40°C a 120°C) y protege la capa de ozono.  
- Resistencia a los rayos UV: completamente resistente a la degradación causada por los rayos ultravioleta.  
- Flexibilidad y fácil manipulación para una rápida y cómoda instalación.

#### APLICACIONES:

Aplicación general en instalaciones fijas, viviendas; interconexión de módulos fotovoltaicos.

#### NORMAS DE FABRICACIÓN:

NTP-IEC 60228  
NTP-IEC 60502-1  
IEC 60332-3-24 categoría C  
IEC 61034-2  
IEC 60754-1  
IEC 60754-2  
UL-1581

**Rojo**

ANEXO 5: Pliego tarifario del mes vigente, agosto de 2022

PLIEGO TARIFARIO DEL SERVICIO PUBLICO DE ELECTRICIDAD (NO INCLUYE IGV)

agosto-22

VIGENTE A PARTIR DEL DIA 04-08-2022

| SISTEMA ELECTRICO        |                                                                      | Cusco       | Valle Sagrado 1 | Valle Sagrado 2 | Valle Sagrado 3 | Sicuani | Sicuani Rural | Combapata-Chumbivilcas |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|---------------|------------------------|
| BAJA TENSION             |                                                                      | UNIDAD      | TARIFA          |                 |                 |         |               |                        |
| BT5B                     | <b>a) Residencial con consumo menor o iguales a 100 kW.h por mes</b> |             |                 |                 |                 |         |               |                        |
|                          | 0-30 kWh                                                             |             |                 |                 |                 |         |               |                        |
|                          | Cargo Fijo Mensual                                                   | S./mes      | 4,41            | 4,41            | 4,41            | 4,41    | 4,41          | 4,41                   |
|                          | Cargo por energía activa                                             | ctm.S./kW.h | 59,95           | 39,97           | 39,97           | 39,97   | 59,95         | 39,97                  |
|                          | 31-100 kWh                                                           |             |                 |                 |                 |         |               |                        |
|                          | Cargo Fijo Mensual                                                   | S./mes      | 4,41            | 4,41            | 4,41            | 4,41    | 4,41          | 4,41                   |
|                          | Cargo por energía activa-Primeros 30 kWh                             | S./mes      | 17,98           | 11,99           | 11,99           | 11,99   | 17,98         | 11,99                  |
|                          | Cargo por energía activa-Exceso de 30 kWh                            | ctm.S./kW.h | 79,93           | 79,93           | 79,93           | 79,93   | 79,93         | 79,93                  |
|                          | <b>b) Residencial con consumo mayor 100 kW.h por mes</b>             |             |                 |                 |                 |         |               |                        |
|                          | Cargo Fijo Mensual                                                   | S./mes      | 4,63            | 4,63            | 4,63            | 4,63    | 4,63          | 4,63                   |
| Cargo por energía activa | ctm.S./kW.h                                                          | 83,85       | 83,85           | 83,85           | 83,85           | 83,85   | 83,85         |                        |
| <b>c) No Residencial</b> |                                                                      |             |                 |                 |                 |         |               |                        |
| Cargo Fijo Mensual       | S./mes                                                               | 4,63        | 4,63            | 4,63            | 4,63            | 4,63    | 4,63          |                        |
| Cargo por energía activa | ctm.S./kW.h                                                          | 87,97       | 87,87           | 87,97           | 87,87           | 88,43   | 88,43         |                        |